Public Works Canada
Travaux publics Canada

Architectural and Engineering Services
Services d'architecture et de génie

Building Performance Evaluation Series

Systems and Material Performance

Document C3

Canada

89-01931/

Building Performance Evaluation Series

Systems and Material Performance

Document C3

AES 1-4:86-38

March 1988

The Minister of Public Works makes no representation or warranty, express or implied, with respect to this publication or the programs or information described in this publication, their quality, merchantability, or fitness for any particular purpose, or their adequacy to produce any particular result. In no event shall the Minister or Her Majesty the Queen in right of Canada, Her employees, servants or agents be legally liable to any person or persons for any damage, whether direct, indirect or consequential, resulting from the use of said publication or the programs or the information contained therein.

Published by Architectural and Engineering Services
Public Works Canada

Public Works Canada / Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-38
	3. Date March 1988
4. Author(s) K. Jaeggin	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. C3
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-548, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 35
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

This document describes the impact of materials, components and systems on the total performance approach to building evaluation. The relationship of systems and materials performance to other performance areas, and to distinct phases of the project delivery process is explained. Building systems are listed with descriptions of the factors that affect their performance. A general approach to testing of systems and components is outlined, and a method for carrying out evaluations is given. An extensive list of systems, sub-systems and qualities to be tested is included and is cross-referenced to a bibliography of test methods and standards.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP C3b	21. Price

DPW 2398 (86/09)

TABLE OF CONTENTS

	PREFACE	*vii*
1.	**INTRODUCTION TO TOTAL BUILDING PERFORMANCE EVALUATION**	*1*
2.	**DEFINITION OF SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE**	*4*
2.1	Relationship with Functional Performance	*4*
2.2	Relationship with Environmental and Energy Performance	*5*
2.3	Systems and Material Performance and the Program Development Process	*5*
2.4	Systems and Material Performance and the Design Process	*5*
2.5	Systems and Material Performance and the Construction Process	*6*
2.6	Systems and Material Performance and the Commissioning Process	*6*
2.7	Systems and Material Performance and Facilities Management	*6*
2.8	Systems and Material Performance and Retrofit	*6*
3.	**COMPONENTS OF SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE EVALUATION**	*7*
3.1	Structural Systems	*7*
3.2	Building Enclosure Systems	*7*
3.3	Mechanical Systems	*7*
3.4	Electrical Systems	*8*
3.5	Furnishing	*8*
3.6	Vertical Transportation Systems	*9*
3.7	Fire Protection Systems	*9*
3.8	Site Work	*9*
3.9	Communication Systems	*10*
4.	**TESTING**	*11*
5.	**METHODOLOGY**	*14*
5.1	Project Initiation	*14*
5.2	The Project Team	*14*
5.3	Work Plan Development	*15*
5.4	Field Work and Records	*15*
5.5	Assessment and Recommendations	*15*
5.6	Resources and Evaluation Costs	*15*
6.	**APPENDICES**	*17*
6.1	Systems, Sub-systems and Qualities to be Tested	17
6.1.1	Exterior Enclosure	*17*
6.1.2	Interior Enclosure	*18*
6.1.3	Furnishing	*19*
6.1.4	Load Bearing Structure	*20*

6.1.5	Heating Systems	21
6.1.6	Ventilating Systems	22
6.1.7	Air-conditioning Systems	23
6.1.8	Vertical Transportation Systems	25
6.1.9	Electrical Systems	25
6.1.10	Plumbing and Drainage Systems	26
6.1.11	Solid Waste Disposal Systems	27
6.1.12	Fire Extinguishing Systems	27
6.1.13	Smoke Control Systems	27
6.1.14	Communication Systems	28
6.1.15	Site Works	28
6.2	Reference Tests and Standards	29
6.3	Building Performance Evaluation Document List	35

PREFACE

The objective of this document is to give project and building managers an understanding of the total performance approach to building evaluation and an understanding of the use and availability of assessment procedures and tests for materials, components, and systems. This will be done by outlining procedures and tests for evaluating the performance of materials, components and systems in a building. It is intended to facilitate the selection and scheduling of evaluation procedures and tests used in the assessment of building performance during program development, design, construction, commissioning, fit–up or occupancy.

This document is one in a series describing the total building performance approach to building evaluation. The Class A documents in this series provide greater detail on the transdisciplinary total building performance concept. They explain how this concept relates to evaluating the seven performance attributes:

- visual,
- acoustic,
- air,
- thermal,
- functional quality,
- building integrity and
- energy effectiveness.

There is a Class B document which is a catalogue of tests.

A Class C document exists for each of the three performance areas: systems and materials, environmental and energy, and functional.

This document deals with Systems and Material Performance, which is concerned with the degree with which the building achieves the desired systems, sub–systems and material performance. It deals with building integrity and the performance of the building enclosure and mechanical/electrical sub–systems.

There are two companion C documents dealing with Functional Performance and Environmental and Energy Performance.

Functional Performance is concerned with satisfying the functional needs of the occupants in carrying out their activities. It deals with the definition of occupant requirements, spatial performance, user adaptation to and utilization of the building and occupant perception of building quality. Environmental and Energy Performance is concerned with the degree with which the building achieves the desired aural, visual, thermal and air quality in occupied spaces while achieving energy effectiveness.

Class D documents describe specific evaluation techniques and related performance criteria.

1. INTRODUCTION TO TOTAL BUILDING PERFORMANCE EVALUATION

More complex demands are being placed on buildings in all occupancy classifications. The nature of the functions, activities and processes are changing, and buildings have to adapt. Economic and social constraints are shifting: energy and other costs have escalated. The expectations of owners and occupants have risen, and the safety and health requirements in codes and standards are becoming more stringent. These changing requirements have resulted in the use of new materials, components and systems, and in the retrofit and renovation of existing buildings. The result is a greater challenge for those who design, build, and operate buildings.

More explicit definitions of performance requirements are needed at the concept, programming, design, fit–up, operation, and retrofit stages. More precise forecasts of how design alternatives will affect all aspects of building performance are needed at the design stage. All key aspects of building performance must be measured during the project delivery process, at the programming, design, construction, commisioning, and post–occupancy stages. Problems that arise in operation and use, must be diagnosed, and solutions must be found.

Total building performance evaluation is a key element in meeting these needs. It calls for the definition of:

- "performance characteristics or attributes". This is a list of qualities or properties that a sub–system or component must have to function according to the owner's/users needs;
- "performance objectives or requirements". This is the qualitative statement of desired performance for the environment;
- "performance levels or criteria". This is a quantification of desired performance;
- "indices or measures of performance". These are defined levels of performance; and
- "methods of testing and analysis to establish compliance".

Performance evaluation determines how a building is performing and where, if it is, deficient. The findings can contribute to the development of improved performance criteria and methods of prediction, and to improved methods of design, construction and operation.

Performance requirements can be defined at various boundaries:

- the community or neighborhood;
- the building site;
- the building and enclosed spaces;
- the workstation;
- the sub–systems; and
- the materials and components.

Progress has been made in establishing performance requirements, performance indices, performance criteria and test methods at the materials and component level. Examples are the National Master Specification and the standards it references. Less progress has

been made at the building, building space, workstation, and sub–system levels, which are the primary targets of the total building performance evaluation approach.

The total building performance approach focusses on performance in relation to:

- requirements of the owner and needs and activities of the user;
- requirements of the interior space to provide acceptable environmental conditions for the user and associated activities or processes;
- requirements of the sub–systems for serving the user's requirements, needs and activities of users and to maintain building and sub–system integrity.

These aspects of performance can be defined in terms of a number of primary performance attributes and their sub–sets. It is very important to recognize the multifaceted nature of these performance attributes and their interrelationships. It is all too easy to achieve one performance objective at the expense of another. To minimize this possibility, a transdisciplinary approach to total building performance evaluation is necessary.

Total building performance is defined in terms of seven performance attributes:

- functional use quality;
- acoustic quality;
- visual quality;
- thermal quality;
- air quality;
- building integrity; and
- energy effectiveness.

These performance attributes involve three areas of responsibility:

- functional performance;
- environmental and energy performance; and
- systems and materials performance.

All three areas encompass a range of skills and a number of disciplines. They are mutually supportive and interdependent in the context of total building performance.

Building performance can be evaluated using three criteria:

1. The degree to which the building satisfies the functional needs of the occupants in carrying out their activities. This is of primary interest to those involved in the Functional Performance evaluation and those responsible for the management and efficiency of the activities carried out within the building.

   Those people involved will be concerned with the identification of the owner's and user's needs.

This group could include:

- owners;
- user–groups;

- office managers;
- architects;
- functional programmers;
- interior designers;
- program and facilities managers;
- systems engineers (security, fire safety, HVAC, illumination, etc); and
- specialty consultants (landscape, artwork, food, services, vertical transportation).

2. The degree to which the building achieves the desired acoustic, visual, thermal, and air quality in the occupied spaces while achieving energy effectiveness. This is of primary concern to those involved in the Environmental and Energy Performance evaluation and those responsible for the operation and maintenance of the building. The groups involved usually include:

- architects;
- HVAC engineers;
- lighting and electrical consultants;
- acoustical consultants;
- health, safety, and air quality professionals;
- program and facilities managers; and
- operating and maintenance personnel.

3. The degree to which the materials and systems that make up the facility meet the performance requirements specified in the contract documents. This is of primary concern to those involved in the Systems and Material Performance evaluation and those responsible for the design and construction of the facility. It is fundamentally important to Facilities Managers and Operating and Maintenance Personnel. Those involved usually include:

- architects;
- structural, mechanical, and electrical engineering consultants;
- project managers;
- specification, inspection and quality control agencies;
- the general contractor and sub–contractors; and
- plant engineers (maintenance engineers).

2. DEFINITION OF SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE

Each system that makes up the completed facility is classified under Systems and Material Performance (SMP). Systems are designed and constructed to equal or exceed minimum standards, ensuring the safety and health of the occupants and of neighboring sites and occupancies. Systems and Material Performance is concerned with how well each system complies with evaluation, design, and construction specifications. The assessment of how well the combined systems meet overall requirements involves joint evaluation of Environmental and Energy performance and Functional Performance.

The primary disciplines involved in Systems and Material Performance include:

- architecture;
- civil, mechanical, electrical, geotechnical and chemical engineering;
- architectural and engineering technology;
- material science;
- meteorology;
- climatology; and
- building science.

The interrelationships of the disciplines involved are specific to the particular system, and may vary with the problem or performance feature being investigated.

SMP evaluation establishes the characteristics of the systems that make up a facility. This document, in conjunction with the Functional Performance, and the Environmental and Energy Performance documents, can be used to evaluate the total performance of an occupied facility.

The basis for SMP evaluation is provided by the contract documents' plans and specifications and the parameters used for the design process. If the performance of the field assembled systems and system combinations were predicted in the design process, materials, components and equipment performance is verified, based on information from laboratory tests.

The function of SMP evaluation is to assess the systems' characteristics singly and in combination, and to evaluate performance. Material Performance is concerned with the degree to which the material and system performance objectives are met in life cycle terms in the completed building.

An SMP evaluation requires obtaining as–built plans and specifications, operating or maintenance manuals, and requires the documentation of observed changes to the facility. The parameters and procedures used in the design and construction process are also documented.

2.1 RELATIONSHIP WITH FUNCTIONAL PERFORMANCE

Systems and Material Performance is related to Functional Performance in the provision of electrical, mechanical, plumbing, waste disposal, vertical transportation services, and communications, security and life safety systems.

2.2 RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL AND ENERGY PERFORMANCE

SMP relates to Environmental and Energy Performance by determining the characteristics of materials and components that make up the furnishing and spatial boundaries, and establishing the operating characteristics of equipment and systems that supply heating, cooling, ventilation, illumination and other services.

SMP provides the basis for determining the thermal and radiation transmission characteristics of exterior envelope components. It can be used to assess the heating, cooling or fluid circulating capability of the installed equipment. All of these factors may influence the energy effectiveness of the building. Systems and Material Performance can be used in conjunction with Environmental and Energy Performance and Functional Performance, for energy monitoring in relation to climate, building use, occupancy profiles and scheduling. The results may be used for analysing energy use, and developing energy effective operating procedures or retrofit options.

2.3 SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE AND THE PROGRAM DEVELOPMENT PROCESS

SMP evaluation provides information about the spatial requirements for HVAC systems, equipment and ductwork. It can provide information on the interrelationship between occupancies and about fire and smoke control features that could influence layouts and location of exits. This evaluation can assist in the development of profiles and requirements lists.

2.4 SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE AND THE DESIGN PROCESS

An SMP evaluation provides information on the properties of components and assemblies concerning air leakage, fire resistance and sound transmission. It can provide information on:

- airtightness values for components or previously tested assemblies or buildings;
- climatic factors (wind, precipitation, solar radiation, temperature, humidity, freezing indices); and
- the physical properties of materials and components in situ, in combination, and in practice.

Experience in measuring or assessing the performance of sub–systems is helpful when developing performance specifications and evaluation procedures. It also assists in the development of simpler and more comprehensive evaluation and facilities maintenance procedures. For example, by providing fluid flow measurement stations for control or energy monitoring, and manual override of fans and damper positions, performance evaluations for air leakage, damper leakage, dirt accumulation on coils and filters or fouling of piping would be facilitated.

Case studies provide a basis for standardization, modification or development in conceptual and detailed design activities.

2.5 SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE AND THE CONSTRUCTION PROCESS

SMP evaluation provides a basis for the assessment of design details, and the documentation of the as–built construction. It is applied in the appraisal of full–scale mock–ups or in–situ components and equipment at varioius stages of construction. The components and equipment are evaluated for: airtightness; thermal characteristics; radiation transfer; structural properties; deflection; surface characteristics; equipment operating characteristics; vibration; and noise level.

2.6 SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE AND THE COMMISSIONING PROCESS

SMP evaluation provides a means to specify and conduct mechanical and electrical system start–up tests – including control calibration, air balancing, sound level and vibration monitoring. It provides a means to assess the envelope's thermal and air leakage performance, overall building air leakage, and the effectiveness of the smoke control measures. In conjunction with environmental and energy performance evaluation, it is used to examine thermal, air quality, acoustical and illumination conditions after fit–up.

2.7 SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE AND FACILITIES MANAGEMENT

An SMP evaluation provides the means to identify, diagnose, test, and recommend remedial measures for equipment malfunction or non–performance. It identifies features or components as part of the facilities maintenance procedures. It is used to diagnose building envelope problems and recommend solutions, and to determine compliance with performance specifications.

2.8 SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE AND RETROFIT

SMP evaluation provides a basis for assessing existing building systems and sub–systems, and for making recommendations relevant to the proposed occupancy. Investigation can be undertaken of the building envelope for as–built details, air leakages, thermal characteristics and moisture or freeze–thaw deterioration. Recommendations are made concerning modifications or improvements necessary.

3. COMPONENTS OF SYSTEMS AND MATERIAL PERFORMANCE EVALUATION

3.1 STRUCTURAL SYSTEMS

A building's structural performance depends on: the interaction of foundation, structural frame; exterior envelope components; the interior separations under various occupancy loads; the building components and; the indoor and outdoor environments.

Design criteria are established for minimum acceptable performance to prevent structural frame and other load–bearing component failure. Other criteria are established to limit deflections, avoid cracking, achieve satisfactory service life, and maintain component integrity. The ultimate goal is occupant comfort and well–being, and the optimum operation of equipment or services.

The physical environment of the structural components and the components they support can significantly influence performance. Direct loading as a result of subgrade movement and weather factors such as wind, rain, snow and melt–water accumulation are normally anticipated at the design stage. Indirect or internally induced loading due to temperature, moisture and humidity variations must also be considered. Structural performance under high temperatures as a result of fire represents a special case.

The accelerated corrosion of concrete reinforcing and deterioration of concrete caused by snow melting salts is a serious problem, particularly in parking garages. Corrosion of metal ties in masonry, or of shelf angles and support brackets for all types of cladding is another area of concern. Material selection and treatment, protection from wetting, and method of assembly on site all affect performance.

3.2 BUILDING ENCLOSURE SYSTEMS

Building enclosure systems protect the internal environment from the external environment and provide safety, security, and comfort for occupants.

These systems include wall and wall cladding, roofing, window, door and glazing systems. They are load bearing, as in structural walls or roofs, or simply skins.

Performance requirements and design criteria for building enclosure systems are similar to those for structural systems. These are established to achieve satisfactory service life, to prevent failure of the system components, and to limit deflections, cracking, spalling, moisture penetration, and air infiltration. Details of evaluation and test methods are described in the D documents.

3.3 MECHANICAL SYSTEMS

HVAC system performance depends on the interaction between: the space heating, ventilating, air–conditioning, refrigerating systems and equipment; the electrical system;

the building envelope and internal space separations; the indoor and outdoor environments; and the plumbing and drainage systems.

The performance of plumbing and drainage systems depends on the number and arrangement of fixtures, the size, slope, configuration of piping, and the anticipated loads resulting from the occupancy, climate and weather. The components of plumbing and drainage systems influence the performance of separations they penetrate.

The performance of plumbing systems under fire condition affects fire protection, smoke control, and maintenance of tenable conditions in areas of egress and refuge.

3.4 ELECTRICAL SYSTEMS

Lighting system performance depends on: the interaction between the surface characteristics of the space and furnishings; the orientation and light transmission characteristics of the fenestration; and weather conditions.

The performance of the power distribution system depends on continuous and peak demands, the characteristics of the switchgear and control components and the integrity of the electrical insulation components.

Heat, moisture, and air quality significantly affect the performance and service life of electrical components. Condensation due to thermal or humidity change, and the concentration of airborne particles and their thermal or electrical deposition may seriously affect the performance of switch contacts or luminaires. Overheating of imbedded cable caused by thermal degredation of electrical insulation may generate products that are corrosive to the conductor.

3.5 FURNISHING

The performance of the furnishings depends on the fenestration, artificial lighting, the spatial arrangement of surfaces, orientation, reflectance, shape, sound absorption, moisture and the thermal environment.

The arrangement and configuration of furniture may affect the pattern of air distribution in the occupied space. The location and position of blinds and draperies will influence air circulation and output of perimeter HVAC units. It will also affect the illumination and radiant energy transfer with occupants and the outdoors.

Drapes and blinds are important to the thermal performance of windows in regard to inside surface temperature, condensation, and thermal breakage.

The materials used in the furnishing can produce gases, odors, or particles that affect air quality. These products may be significant in a fire situation. The ignition and flame spread characteristics of coverings, the contribution of combustibles to the fire load, and to the production of smoke and toxic gases should be considered. The arrangement of furniture and space dividers will influence the traffic pattern during a fire or emergency evacuation.

3.6 VERTICAL TRANSPORTATION SYSTEMS

The performance of vertical transportation systems may effect the electrical supply and distribution system and the ventilation and air–conditioning system.

Stair and elevator shafts and their access doors influence air movement patterns and the flow patterns of fire and smoke in a building. The leakage coefficients of these separations affect the performance of fire and smoke control systems and the location, selection and performance of vestibules and other air and smoke control measures. These characteristics influence the noise generated by air flow through the system, and have to be considered in assessing the acoustic environment.

3.7 FIRE PROTECTION SYSTEMS

The performance of fire protection systems is influenced by structural components, the spatial arrangement and characteristics of the exterior and interior enclosure elements, fire extinguishing systems, water supply and drainage systems and by the location and properties of furnishings.

The performance of the smoke control system is influenced by the air leakage characteristics of the exterior and interior enclosure systems, doors and access openings, and by shafts and openings for vertical transportation systems. The capacity and arrangement of ductwork and air handling equipment will also influence the performance of the smoke control system.

3.8 SITE WORK

The performance of the site work is influenced by interactions with the following systems:

- drainage;
- exterior enclosure;
- electrical;
- vertical transportation;
- ventilating; and
- solid waste disposal.

It is also affected by the location and orientation of adjacent site works and buildings, and the weather.

The performance of site drainage systems determines:

- the use of access routes for pedestrians, maintenance or operating personnel and vehicles;
- the adequacy of snow melting systems;
- the behaviour of landscaping; and
- frost heave.

The location and configuration of site–works and building features influence air flow and snow drifting patterns on the site. This affects pedestrian safety and comfort, and accessibility for servicing and snow handling.

3.9 COMMUNICATION SYSTEMS

Communication systems performance (including fire alarm and evacuation announcement systems), could run into interference from electrical supply and distribution systems. Communications may also be affected by the electrical components of heating, ventilating and air conditioning. Good communication system performance is essential in the management and organization of evacuation during fires or other emergencies.

The performance of fire alarm and announcement systems is influenced as much by the those factors influencing electrical wiring as by the suitability and operation of the hardware, such as alarm bells, speakers and electronic equipment.

4. TESTING

There are four usual reasons for undertaking an SMP evaluation:

- an observed or suspected failure of a material, component or system;
- as part of a total building performance assessment;
- as part of an indoor environmental assessment;
- as part of a commissioning and take over.

The testing may involve one or more of the following levels of evaluation:

Stage I
- plans and archive analysis
- expert walkthrough
- occupancy and use analysis

Stage II
- simple instrumentation testing

Stage III
- complex instrumentation tests

An examination of the plans' specifications, or construction documents will usually be required in conjunction with a brief walk–through or visual examination of the problem (Stage I).

Deterioration or indications of failure of walls, windows, floors or roofs may require a more detailed analysis of previous weather or climatic conditions, short term measurements of indoor conditions, or interviews with the occupants (Stages I & II). Weather and occupancy performance problems involving water staining or leakage could require more extensive analysis using sophisticated equipment. The equipment might include infrared scanning in conjunction with air leakage, pressure difference measurement, and recording. This may require further laboratory analysis to verify results of the in–situ testing.

Testing for performance problems of the building's structural elements will require information on the assumptions and calculation procedures followed by the structural designer (Stage I). It will require information from weather conditions and occupancy loads (Stage I). Tests conducted to determine structural deflections or material properties will normally be short term (Stage II). If there are concerns about the dynamic behaviour of the building (for example wind–induced or traffic–induced vibration), longer term testing for building movement and vibration and laboratory analysis (Stage III) might be necessary. Structural deterioration due to frost action or corrosion of reinforcing steel or metal ties and brackets may require indirect, non destructive tests.

Samples may be taken of sections of structural elements for field and laboratory analysis (Stages II & III). Visual observations (Stage I) may have to be supplemented by surveys of material characteristics using non–destructive or partial sampling techniques (Stage II). Foundation performance tests might involve soil sampling or long term measurements. These would normally be done with relatively simple instrumentation installed for periodic measurement (Stage II).

In the design of the heating, ventilating, and air–conditioning systems predictions must be made of how the assembled group of components with their individual performance characteristics will perform. The performance characteristics are extrapolated from laboratory tests. The techniques and procedures used in the laboratory tests often apply to how the components and systems will perform when installed in the field. Some of these have been incorporated in common evaluation procedures such as for air–handling system balancing. They could be applied to the evaluation of other system performance characteristics.

Some components, such as air terminal devices, have factory–installed measurement probes. Field–installed measuring stations are becoming common in large HVAC systems for system control and energy monitoring. The level of testing for system performance would usually involve simple instrumentation (Stage II). Investigation of the interrelated performance of the HVAC system and building envelope and partitions could involve both simple and complex instrumentation (Stages II & III).

The HVAC system and the exterior envelope system are primary factors in thermal comfort and indoor air quality. Their measured performance is essential to indoor environmental evaluation. The light transmission characteristics of windows, reflectance of interior surfaces and furnishings, and the output of luminaires are fundamental to evaluation of the visual environment. The visual environment is evaluated for task illumination for comfort and productivity, glare and veiling reflections, and general lighting quality and visual ambiance.

The sound transmission and absorption of the space–enclosing elements and surfaces, and the sound output of equipment are basic to the evaluation of the acoustic environment. Systems and Material Performance and Environmental and Energy Performance are closely linked in any investigation of indoor environmental conditions.

The HVAC system may be used in evaluating air leakage or thermal performance. The central supply fan or exhaust fan may be used to pressurize or depressurize the building, to allow measurement of the rate of air flow and pressure difference across the envelope. This provides an estimate of the air leakage or total equivalent leakage area. Supply and exhaust fans can be used in the evaluation of smoke control or air movement in major compartments. The fans can be used in conjunction with infrared scanning or other detection techniques in envelope thermal and air leakage investigations.

Responsible authorities on–site, or local government inspectors normally provide confirmation that installed materials and equipment equal or exceed the quality specified in the contract documents. The tests and standards referenced in sections 6.1 and 6.2 are considered to be appropriate in cases of problem investigation or for post–installation quality assurance. Many of the standards listed are specific to laboratory testing but are considered applicable for the testing of installed systems. Others may be laboratory tests for material or component properties, but are considered relevant to Evaluation in use.

Section 6.1 lists systems and sub–systems with their associated qualities. The relevant tests are listed.

References to other quality assessment procedures are provided. The column headed "AREA" in section 6.1 shows whether Functional Performance (F) or Environmental and Energy Performance (E), or both (F&E), are involved.

5. METHODOLOGY

5.1 PROJECT INITIATION

A total building performance evaluation may be called for:

- in response to a problem in an occupied building (for example, a material failure, a component deficiency, an indoor environment issue or a functional obstacle or concern);
- due to an anticipated problem based on preliminary evidence or past experience;
- because it is required by a retrofit proposal or a completed retrofit;
- when a new use or occupancy of an existing building is proposed;
- to ensure that performance requirements and criteria are adequately met.

5.2 THE PROJECT TEAM

Those involved in a building performance evaluation could include:

- the client representatives

  These include an owner representative having responsibility for the realty business interests, an operation and maintenance and/or a design and construction representative, depending on the circumstances and, where occupancy and use aspects are an issue, a representative of the tenant agency. In projects having a narrow focus, a single client representative to make decisions on the scope of the project, the objectives, the financial and time constraints, and follow–up activities, may be sufficient.

- the project manager

  In all projects, the Regional project manager is responsible for time, cost, scheduling and co–ordinating the participation of the performance quality team through the Technology Directorate of Architectural and Engineering Services.

- the Technology Project Manager

  In major projects, the Technology project manager would be an expert in transdisciplinary field studies. Projects with a narrow focus would be managed by an expert in the primary building performance quality issue, and would be familiar with the transdisciplinary process.

- the managers of the functional, environmental, and material science groups.

  The managers of the Technology groups identify the performance quality team.

- the performance quality team

  These would be experts in the performance qualities of concern, and their support staff.

- the design disciplines

  In a total building performance evaluation the performance quality team might include a design specialist for evaluation of systems or sub–systems, before or after modifications. The specialists could be architects, or mechanical, electrical, and structural engineers. They could be represented by the managers of the functional, environmental and energy, or systems and material performance areas or the performance quality team; they could be provided by design and construction, or they could be brought in under the contract.

5.3 WORK PLAN DEVELOPMENT

A project normally begins with the client's definition of an objective, requirement, problem, concern or point of dispute. A building performance project manager and the client then discuss the potential performance issues, applicable evaluation techniques, costs, budget and timing. Following agreement to proceed, there is an in–depth discussion with the managers of all performance areas to ensure a transdisciplinary approach. This normally follows an initial walkthrough of the building and a review of the relevant building documents. The result is a definition of the problem to be addressed, the principal elements of the evaluation, and a preliminary budget.

5.4 FIELD WORK AND RECORDS

The project manager maintains effective communication with the client, and with members of the performance quality team as the work proceeds. As information from each work element becomes available, the work plan is reassessed and, if necessary, redirected. A fast–track solution may appear, or an uncertainty may arise that calls for redefinition of the problem and an alternative approach. Following Stage I evaluations, field sampling strategies for Stages II and III can be designed with more confidence. In these levels of field measurement, records can often be organized to facilitate comparison of measured conditions with relevant performance criteria.

5.5 ASSESSMENT AND RECOMMENDATIONS

The first step is to assess the results and develop recommendations based on input from each performance quality expert on the team. If alternative or multiple recommendations are proposed, each includes a cost/benefit statement. The recommendations are evaluated by the project manager, all members of the performance quality team, and the three performance area managers.

The result is a set of recommendations that take account of the impacts on all performance qualities. The client's views and concerns are addressed, a final set of recommendations are made, and a report prepared.

5.6 RESOURCES AND EVALUATION COSTS

The human resources required, time and cost of an evaluation depend on the nature of the problem and the extent to which functional, environmental and energy, and systems and material performance issues are involved. Does the problem occur at one location or is it widespread? Is the building small with a single use and occupancy or is it large

with multiple uses and occupancies? Does it involve primarily a single area of expertise, with little or no impact on the other aspects of building performance, or is it a multi-faceted problem involving interactions between a number of components and systems? Can the problem be resolved by expert judgement through study of the building documents and records, plus a walkthrough, or does it require measurements and observation, plus a complex analysis?

The requirements will emerge during discussions with the client and the development of the work plan. Information on typical resources and costs for different levels of evaluation are available in the D documents.

6. APPENDICES

6.1 SYSTEMS, SUB-SYSTEMS AND QUALITIES TO BE TESTED

In the Tests column, appropriate Class D documents from the list in section 6.3 are given. The numbers in the Reference column refer to tests and standards listed in section 6.2. In the Area column E indicates Environmental and Energy Performance is involved; F indicates Functional Performance is implicated.

6.1.1 Exterior Enclosure

Walls

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		E
Cracking	D30, D31, D40		
Drainage	D40		
Sound transmission	D08		F&E
Surface temperature	D03		E
Surface emissivity	D38	36	E
Thermal resistance	D39	36, 59, 88, 96, 98	E
Water penetration	D40		

Windows

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		E
Fire resistance		166	F
Hardware durability			F
Opening force			F&E
Radiation transmission	D10	25, 49	E
Sound transmission	D08		E
Surface temperature	D03, D38, D39, D40	36	E
Water penetration	D40		E

Doors

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		E
Fire resistance		166, 169	F
Hardware durability			F
Opening force (pressure)			F
Sound transmission	D08		F&E
Surface temperature	D03, D38, D39, D40		

Roofs

Quality	Tests	Reference	Area
Deflection	D31		
Drainage	D40		

Insulation wetness	D38, D40, D41	36	
Membrane ridging	D41		
Membrane splitting	D40, D41		
Membrane shrinkage	D41		
Surface temperature	D38, D39	36	
Surface emissivity	D38		
Surface erosion	D41		
Thermal resistance	D39		
Water penetration	D31, D38, D40, D41		F

Joints

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		
Dimensional change	D40		
Sealant flexibility			
Water penetration	D36, D38, D40		F

6.1.2 **Interior Enclosure**

Partitions

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		F&E
Cracking	D31		
Fire resistance		166	F
Flame spread		85	F
Impact resistance			F
Racking strength			
Sound transmission	D08		E
Sound absorption	D08		F&E

Floors

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		
Airborne sound transmission	D08		E
Cracking	D31		
Creep deflection	D31		
Elastic deflection	D31		
Fire resistance			F
Impact sound transmission			E
Resonant frequency			
structural fire protection			

Ceilings

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		
Fire resistance			F

Flame spread		B5	F
Light reflectance	D10		F&E
Sound absorption	D08		F&E

Doors

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		F
Fire resistance		166, 169	F
Hardware durability			F
Sound transmission	D08		F&E

6.1.3 **Furnishing**

Screens

Quality	Tests	Reference	Area
Combustible content			F
Flame spread		B5	F
Outgassing			F&E
Sound absorption	D08		F&E
Surface soiling			F

Furniture

Quality	Tests	Reference	Area
Combustible content			F
Hardware durability			F
Outgassing			F&E

Carpets

Quality	Tests	Reference	Area
Combustible content			F
Flame spread		B5	F
Outgassing			F&E
Sound absorption	D08		F&E
Static charge potential			F
Durability			F

Computers

Quality	Tests	Reference	Area
Heat output	D04, D05, D06, D07		F&E

Copiers

Quality	Tests	Reference	Area
Electromagnetic radiation			F
Gaseous output			F&E
Heat output	D04, D05, D06, D07		E
Particulate output			F&E

6.1.4 **Load Bearing Structure**

Columns

Quality	Tests	Reference	Area
Cracking	D30		
Creep shortening	D30		
Elastic compression	D30		
Lateral stability	D30		
Resonant frequency			
Structural fire protection	D30		F

Beams

Quality	Tests	Reference	Area
Cracking	D31		
Creep deflection	D31		
Elastic deflection	D31		
Structural fire protection	D30		F

Floors

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		F&E
Airborne sound transmission	D08		E
Corrosion resistance	D32		F
Cracking	D31		
Creep deflection	D31		
Elastic deflection	D31		F
Fire resistance			F
Impact sound transmission			F&E
Resonant frequency			F
Structural fire protection			F

Foundations

Quality	Tests	Reference	Area
Cracking	D31		
Deflection	D31		
Efflorescence (Sulfate)	D40		
Ground water level	D40		
Soil moisture content	D40		

Shear walls

Quality	Tests	Reference	Area
Cracking	D30		
Structural fire protection	D30		F

6.1.5 **Heating Systems**

Energy Conversion Equipment

Quality	Tests	Reference	Area
Combustion efficiency	D04, D05, D06, D07	38	
Combustion & draft air	D04, D05, D06, D07	38	
Energy conversion efficiency	D04, D05, D06, D07	38, 46	
Heat exchanger corrosion			
Jacket heat loss	D38, D39	38	
Sound power output	D08	114, 170	

Piping

Quality	Tests	Reference	Area
Drainage	D33		
Fire penetration	D36		
Leakage	D33		
Pressure drop	D33		
Temperature	D33		
Thermal insulation	D38, D39		
Vibration isolation			
Volumetric flow rate	D33	14	

Ductwork

Quality	Tests	Reference	Area
Coating flame spread			
Damper operation	D33		E
Damper position/flow	D33		E
Duct leakage	D33		
Fire penetration	D36		F
Motor voltage/current	D35		
Pressure	D33	13	
Smoke damper	D36		F
Tightness	D33		
Sound absorption	D08		F&E
Sound output	D08		F&E
Static pressure drop	D33	13	
Thermal resistance	D39		
Velocity	D33		
Vibration isolation			
volumetric flow rate	D33		E

Heat Exchangers

Quality	Tests	Reference	Area
Enthalpy transfer	D33		
Fluid flow rates	D33		
Heat exchange rate	D33		
Jacket heat loss	D33, D38		
Thermal efficiency	D33		

Pumps

Quality	Tests	Reference	Area
Energy use	D04, D05, D06, D07		
Flow rates	D33	13	
Motor heat output	D04, D05, D06, D07		
Power consumption	D35		
Pressure	D33		
Sound power output	D08		E
Vibration isolation			F&E

Controls

Quality	Tests	Reference	Area
Air compressor			
– discharge pressure	D34		
– voltage/current	D04, D05, D06, D07, D35		
Branch line pressure	D34	13	
Range of operation	D34		
Sensitivity	D34		E
Supply line pressure	D34	13	
Supply voltage	D34, D35		

6.1.6 **Ventilating Systems**

Fans

Quality	Tests	Reference	Area
Energy use	D04, D05, D06, D07		
Fan speed	D33		
Flow rate	D33	12	E
Motor heat output	D04, D05, D06, D07		
Outlet velocity profile	D33		
Power consumption	D35		
Pressure difference	D33, D36		
Sound power output	D08	23, 29, 103, 114	E

Ductwork

Quality	Tests	Reference	Area
Damper position	D33		E
Damper pressure drop	D33, D36	48	
Damper tightness	D33, D36		
Duct leakage	D33, D36		
Fire penetration	D36		F
Sound absorption	D08		E
Sound output	D08		E
Static pressure drop	D33, D36	48	
Thermal resistance	D39		
Velocity	D33	48	
Volumetric flow rate	D33	12, 48, 78	E

6.1.7 **Air-Conditioning Systems**

Cooling Equipment

Quality	Tests	Reference	Area
Air static pressure	D33, D36	13	
Chilled water temperature	D33	11	
Cooling rate	D33		E
Energy use	D04, D05, D06, D07		
Fluid flow rate	D33	14	
Jacket heat loss/gain	D04, D05, D06, D07		
Power consumption	D35		
Refrigerant suction pressure	D33		
Refrigerant discharge pressure	D33		
Sound power output	D08	114, 161, 173	

Heat Exchangers

Quality	Tests	Reference	Area
Enthalpy transfer	D33		
Fluid flow rates	D33	14	
Heat exchange rate	D33		
Jacket heat loss	D04, D05, D06, D07		
Thermal efficiency	D04, D05, D06, D07, D33		

Ductwork

Quality	Tests	Reference	Area
Combustibility			
Damper operation			E
Damper position	D33		
Damper pressure drop	D33, D36	48	
Damper tightness	D33		
Duct leakage	D33, D36		
Fire penetrations			F
Flame spread			F
Sound absorption	D08		F&E
Sound output	D08		F&E
Static pressure drop	D33, D36	48	
Thermal resistance	D39		
Velocity	D33		
Vibration isolation			F&E
Volumetric flow rate	D33	13	E

Terminal Units

Quality	Tests	Reference	Area
Discharge flow rate	D03, D09, D33		E
Discharge velocity profile	D33		
Mixing box flow ratio	D33		
Mixing range	D33		
Outlet air temperature	D33	11	E
Outlet air humidity	D33		E
Static pressure difference	D33	13	
Supply air temperature	D33	11	
Throw	D03, D09		
Vane settings	D03, D09, D33		E

Cooling Towers

Quality	Tests	Reference	Area
Air flow rate	D33	12	
Air outlet conditions	D33		
Air inlet conditions	D33		
Fan speed/voltage/current	D35		
Sound power output	D08	98, 157	F
Water temperature	D33	11	
Water/refrigerant flow	D33	14	

Control System

Quality	Tests	Reference	Area
Branch line pressure	D33	13	
Range of operation	D34		
Sensitivity	D34		E
Supply line pressure	D33	13	
Supply voltage	D35		

6.1.8 **Vertical Transportation Systems**

Elevators and Escalators

Quality	Tests	Reference	Area
Shaft air tightness	D36		F
Sound output	D08		F&E
Speed			F

Stairs and Ramps

Quality	Tests	Reference	Area
Pressure distribution	D36		
Stairwell air tightness	D36		F
Stairwell air flow	D36		
Hand rail stability			F
Skid resistance			F
Slope			F
Tread/rise uniformity			F

6.1.9 **Electrical Systems**

Electrical Supply System

Quality	Tests	Reference	Area
Circuit protection	D35		
Circuitry	D35		
Temperature (infrared)	D38		
Transformer capacity	D35		
Voltage and current	D35		

Electrical Distribution System

Quality	Tests	Reference	Area
Circuit protection	D35		
Circuit capacity	D35		
Phase load balance	D35		
Power factor	D35		
Temperature (infrared)	D38		
Voltage and current	D35		

Emergency Generator System

Quality	Tests	Reference	Area
Circuit sequencing	D35		
Feeder controls	D35		
Motor speed/governor	D33		
Starting system	D35		
Transfer switching	D35		

Lighting System

Quality	Tests	Reference	Area
Energy use	D04, D05, D06, D07		
Lamp operation	D10		E
Lens/diffuser condition	D10		F&E
Light output	D10		E
Switch and relay operation	D10, D35		F

6.1.10 **Plumbing and Drainage Systems**

Service Water System

Quality	Tests	Reference	Area
Energy use	D04, D05, D06, D07		
Flow rate	D33	14	
Hot water temperature	D33	11	
Pressure drop	D33		
Water leakage	D33		

Waste Water and Sewage System

Quality	Tests	Reference	Area
Fixture discharge rates	D33		
Leakage (pressure test)	D33		
Trap seal performance	D33		F
Vent frosting	D40		

Internal Storm Drainage System

Quality	Tests	Reference	Area
Air leakage (penetration)	D36		
Roof drain blockage	D40		
Roof drainage	D41		F
Thermal expansion	D41		

6.1.11 **Solid Waste Disposal Systems**

Garbage Chute

Quality	Tests	Reference	Area
Air tightness	D36		F
Closure tightness	D33, D36		F
Compactor sound level	D08		E
Energy use	D04, D05, D06, D07		
Grinder sound level	D08		E
Power inputs	D35		
Shredder sound level	D08		F&E

Material Handling Systems

Quality	Tests	Reference	Area
Power inputs	D04, D05, D06, D07		
Sound level	D08		F&E

Incinerators

Quality	Tests	Reference	Area
Heat recovery	D04, D05, D06, D07		
Scrubber performance	D35		
Stack temperature	D35	11	

6.1.12 **Fire Extinguishing Systems**

Sprinkler Systems

Quality	Tests	Reference	Area
Alarm circuit	D35		F
Pressure	D33	13	

Standpipes and Hoses

Special Systems

6.1.13 **Smoke Control Systems**

Shafts

Quality	Tests	Reference	Area
Controls	D32		
Elevator shaft leakage	D36		F
Fire/smoke door leakage	D36		F
Pressure differences	D36	13	
Smoke shaft tightness	D36		
Smoke damper closure	D33		
Stair shaft leakage	D36		F

6.1.14 **Communication Systems**

6.1.15 **Site Works**

Walkways and Roadways (Access Systems)

Quality	Tests	Reference	Area
Frost heave			
Spalling	D32		

External Storm Drainage System

Quality	Tests	Reference	Area
Drainage effectiveness	D41		
Slope	D40		

Subsurface Drainage System

Quality	Tests	Reference	Area
Water table	D40		

Snow Handling (Removal/Melting) Systems

Quality	Tests	Reference	Area
Energy use	D04, D05, D06, D07, D33		
Fluid temperature	D33	11	

Landscaping

Quality	Tests	Reference	Area
Drainage	D40		
Soil moisture	D40		

Irrigation System

Quality	Tests	Reference	Area
Flowrate	D33		

Exterior Lighting System

Quality	Tests	Reference	Area
Controls	D10, D35		
Energy use	D04, D05, D06, D07		
Illumination level	D10, D35		F

6.2 REFERENCE TESTS AND STANDARDS

The following list includes tests relevant to the qualities listed under Section 6.1 "Sub-systems, Systems and Qualities to be Tested". It also includes standards that relate to the general performance of components and equipment. These standards will contain measurement procedures for the component or equipment involved, and may be applicable for on-site evaluation. The standards are included here along with the referenced tests to form a Bibliography for Material Performance.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE)

1. GPC 1P - Guideline for Commissioning of HVAC Systems
2. 18-1987 - Methods of Testing for Rating Drinking-Water Coolers with Self-Contained Mechanical Refrigeration Systems
3. 20-70 - Methods of Testing for Rating Remote Mechanical Draft Air-Cooled Refrigerant Condensers
4. 22-78 - Methods of Testing for Rating Water-cooled Refrigerant Condensers
5. 23-78 - Methods of Testing for Rating Positive Displacement Refrigerant Compressors
6. 24-78 - Methods of Testing for Rating Liquid Coolers
7. 30-78 - Methods of Testing Liquid Chilling Packages
8. 33-78 - Methods of Testing Forced Circulation Air Cooling & Air Heating Coils
9. 37-1987 - Methods of Testing for Rating Unitary Air-conditioning and Heat Pump Equipment
10. 40-1986 - Methods of Testing for Rating Heat Operated Unitary Air-conditioning Equipment for Cooling
11. 41.1-1986 - Standard Method for Temperature Measurement
12. 41.2-1987 - Standard Methods for Laboratory Air Flow Measurement
13. 41.3P - Standard Method for Pressure Measurement
14. 41.8-78 - Standard Methods for Measurement of Flow of Fluids-Liquids
15. 41.9-1988 - Standard Calorimeter Test Method for Flow Measurement of a Volatile Refrigerant
16. 45-1986 - Methods of Testing for Rating Non-Residential Warm Air Heaters
17. 51-1985 - Laboratory Methods of Testing Fans for Rating
18. 52-76 - Methods of Testing Air-cleaning Devices Used in General Ventilation for Removal Particulate Matter
19. 55-1981 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
20. 58-1986 - Method of Testing for Rating Room Air Conditioner and Packaged Terminal Air Conditioner Heating Capacity
21. 62-1981 - Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
22. 64-74 - Methods of Testing Remote Mechanical-Draft Evaporative Refrigerant Condensers
23. 68-1986 - Laboratory Method of Testing In-Duct Sound Power Measurement Procedure for Fans
24. 70-72 - Method of Testing for Rating the Air Flow Performance of Outlets and Inlets
25. 74-73R - Method of Measuring Solar-Optical Properties of Materials

26. 79–1984 – Method of Testing for Rating Room Fan–coil Air Conditioners
27. 83–1985 – Capacity Measurement of Field Errected Compression Type Refrigeration and Air–conditioning Systems
28. 84–78 – Method of Testing Air–to–Air Heat Exchangers
29. 87.1–1983 – Method of Testing Dynamic Characteristics of Propellor Fans – Aerodynamically Excited Fan Vibrations and Critical Speeds
30. 93–1986 – Method of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors
31. 94.1–1985 – Method of Testing Active Latent Heat Storage Devices Based on Thermal Performance
32. 94.2–1981 – Methods of Testing Thermal Storage Devices with Electrical Input and Thermal Output Based on Thermal Performance
33. 94.3–1986 – Metering and Testing Active Sensible Thermal Energy Storage Devices Based on Thermal Performance
34. 95–1987 – Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Domestic Water Heating Systems
35. 96–1980 – Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Unglazed Flat–plate Liquid–type Solar Collectors
36. 101–1981 – Application of Infrared Sensing Devices to the Assessment of Building Heat Loss Characteristics
37. 102–1983 – Methods of Testing Nonelectric, Nonpneumatic Thermostatic Radiator Valves
38. 103–1982 – Methods of Testing for Heating Seasonal Efficiency of Central Furnaces and Boilers
39. 105–1984 – Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance
40. 109–1986 – Method of Testing to Determine the Thermal Performance of Flat–Plate Solar Collectors Containing a Boiling Liquid
41. 110–1985 – Method of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods
42. 111P – Methods of Measurement for Testing, Adjusting, and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air–conditioning and Refrigeration Systems
43. 113P – Method of Testing for Room Air Distribution
44. 114P – Energy management Controls Systems Instrumentation
45. 115P – Method of Testing for Rating Air Source Heat Pump Water Heaters
46. 116–1983 – Methods of Testing for Seasonal Efficiency of Unitary Air Conditioners and Heat Pumps
47. 118P – Method of Testing for Rating Gas, Electric and Oil Storage Type Water Heaters
48. 120P – Method of Laboratory Testing of Air Ducts and Fittings to Determine Flow Resistance
49. 123P – Fenestration Solar Radiant Heat Gain Measurements
50. 124P – Method of Testing for Rating Combination Space Heating/Water Heating Appliances
51. 125P – Method of Testing Heat Meters Used in Fluid HVAC Systems
52. 126P – HVAC Air Duct Performance
53. 127P – Method of Test for Rating Computer Room Air Conditioners
54. 128P – Method of Test for Rating Spot Coolers

55. 129P – Standard Method of Test of Ventilation Effectiveness
56. 130P – Method of Test for Fan Powered Units
57. 131P – Method of Test of Four–way Heat Pump Reversing Valves
58. 132P – Method of Testing Controllers Used in Solar Energy Systems

Canadian Standards Association (CSA)

59. A101 M–1977 Mineral Fiber Thermal Building Insulation
60. B51–M1981 Code for Construction and Inspection of Boilers and Pressure Vessels
61. B139–1976 Installation Code for Oil Burning Equipment
62. B140.0–1972 General Requirements for Oil Burning Equipment
63. B140.7.2–1967 Oil–fired Steam and Hot Water Boilers for Commercial and Industrial Use
64. B255–M81 Mechanical Flue–gas Exhausters
65. C22.2 No. 24–1981 Temperature–indicating and Regulating Equipment
66. C22.2 No. 91–1971 Drinking Water Coolers and Beverage Dispensers
67. C22.2 No. 92–1971 Dehumidifiers
68. C22.2 No. 113–1982 Fans and Ventilators
69. C22.2 No. 119–1971 Commercial and Residential Air Conditioning Equipment
70. C191–1973 Performance Requirements for Electric Storage Tank Water Heaters
71. C260.1–1975 Installation Code for Residential Mechanical Exhaust Systems
72. C260.2–1976 Residential Air Exhaust Equipment
73. C273.3 M1980 Performance Standard for Unitary Heat Pumps
74. C273.5–1980 Installation Requirements for Air–to–air Heat Pumps
75. C368.1–1980 Performance Standard for Room Air Conditioners
76. C390.1–M1982 Energy Efficiency Test Methods for Three–phase Induction Motors
77. Z103–1976 Incinerator Performance

Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA)

78. HVAC Systems – Testing, Adjusting, and Balancing (1983)
79. Installation Standards for Heating, Air Conditioning and Solar Systems (1981)
80. Energy Recovery Equipment and Systems, Air–to–air (1978)

American Society for Testing and Materials (ASTM)

81. ASTM C177–76 Test for Steady–state Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate
82. ASTM C236–80 Steady State Thermal Performance of Building Assemblies
83. ASTM C335–79 Test for Steady–state Heat Transfer Properties of Horizontal Pipe Insulations
84. ASTM C518–76 Test for Steady–state Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter
85. ASTM E 84/NFPA 255 Method of Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials

Air-conditioning and Refrigeration Institute (ARI)

86. ANSI/ARI 310–82 Packaged Terminal Air Conditioners
87. ANSI/ARI 340–82 Commercial and Industrial Heat Pump Equipment
88. ANSI/ARI 380–82 Packaged Terminal Heat Pumps
89. ANSI/ARI 450–79 Water–cooled Refrigerant Condensers, Remote Type
90. ANSI/ARI 460–80 Remote Mechanical Draft Air–cooled Refrigerant Condensers
91. ANSI/ARI 590–81 Reciprocating Water Chilling Packages
92. ANSI/ARI 810–79 Automatic Commercial Ice Makers
93. ANSI/ARI 815–79 Split System Automatic Commercial Ice Makers
94. ANSI/ARI 820–79 Ice Storage Bins
95. ARI/ADC 880–84 Air Volume Terminals
96. ARI 210–81 Unitary Air–conditioning Equipment
97. ARI 240–81 Air–source Unitary Heat Pump Equipment
98. ARI 270–84 Sound Rating of Outdoor Unitary Equipment
99. ARI 275–84 Application of Sound Rated Outdoor Unitary Equipment
100. ARI 275–84 Application of Sound–rated Outdoor Unitary Equipment
101. ARI 320–81 Water Source Heat Pumps
102. ARI 325–83 Ground Water–source Heat Pumps
103. ARI 350–82 Sound Rating of Non–ducted Indoor Air–conditioning Equipment
104. ARI 360–81 Commercial and Industrial Unitary Air–conditioning Equipment
105. ARI 365–82 Commercial and Industrial Unitary Air–conditioning Condensing Units
106. ARI 420–84 Unit Coolers for Refrigeration
107. ARI 430–78 Central Station Air–handling Units
108. ARI 435–81 Application of Central Station Air–handling Units
109. ARI 440–84 Room Fan–coil Air Conditioners
110. ARI 510–83 Ammonia Compressors and Compressor Units
111. ARI 520–78 Positive Displacement Refrigerant Compressors and Condensing Units
112. ARI 550–83 Centrifugal Water Chilling Packages
113. ARI 560–82 Absorption Water Chilling Packages
114. ARI 575–79 Method of Measuring Machinery Sound Within Equipment Rooms
115. ARI 650–83 Air Outlets and Inlets
116. ARI 680–80 Air Filter Equipment
117. ARI 750–81 Thermostatic Refrigeration Expansion Valves
118. ARI 780–78 Definite Purpose Magnetic Contractors
119. ARI 850–78 Commercial and Industrial Air Filter Equipment
120. ARI 910–83 Solar Collectors
121. ARI 920–84 Domestic Hot Water Systems
122. ARI 930–82 Applications of Solar Collectors
123. ARI 1010–84 Drinking Foundains and Self–contained, mechaniclaly Refrigerated Drinking Water Coolers
124. ARI 1020–84 Application and Installation of Drinking Water Coolers
125. ARI 1060–84 Air–to–air Heat Recovery Equipment

Air Diffusion Council (ADC)

126. ADC TC 66R1 Air Diffusing Troffer Heat Removal Test Code
127. ADC FD–72 R1–1979 Flexible Air Duct Test Code
128. ADC 1062:GRD–84 Test Code for Grilles, Registers, and Diffusers
129. ADC 1062R4–1977 Air Diffusion Equipment Certification, Rating, and Test Manual

British Standards Institute (BSI)

130. BS 2831 Method of Test for Air Filters Used in Air Conditioning and General Ventilation
131. BS 3928 Method of Sodium Flame Test for Air Filters

Hydronics Institute (HI)

132. IBR/SBI Testing and Rating Heating Boilers (1982)
133. IBR/SBI Ratings for Cast Iron and Steel Boilers (1983)

American Gas Association (AGA)

134. ANSI Z21.10.3–1984 Gas Water Heaters, Vol. III, Circulating Tank, Instantaneous and Large Automatic Storage Water Heaters
135. ANSI Z21.12–1981 Draft Hoods
136. ANSI Z21.13–1982 Gas–fired Low–pressure Steam and Hot Water Boilers (with 1983 Addenda)
137. ANSI Z21.18–1981 Gas Appliance Pressure Regulators
138. ANSI Z21.20–1979 Automatic Gas Ignition Systems and Components
139. ANSI Z21.23–1980 Gas Appliance Thermostats
140. ANSI Z21.66–1967 Electrically Operated Automatic Vent Damper Devices for Use with Gas–fired Appliances
141. ANSI Z21.67–1978 Mechanically Actuated Automatic Vent Damper Devices for Use with Gas–fired Appliances
142. ANSI Z21.68–1978 Thermally Actuated Automatic Vent Damper Devices for Use with Gas–fired Appliances
143. ANSI Z83.3–1971 Gas Utilization Equipment in Large Boilers
144. ANSI Z83.4–1980 Direct Gas–fired Make–up Air Heaters (1979)
145. ANSI Z83.16–1982 Gas–fired Unvented Commercial and Industrial Heaters
146. ANSI Z2121.22–1979 Relief Valves and Automatic Gas Shutoff Devices for Hot–water Supply Systems

American Society of Mechanical Engineers (ASME)

147. ANSI/ASME A17.1–1984 Safety Code for Elevators and Escalators
148. ASME PTC23–58 Atmospheric Water Cooling Equipment Test Code

National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

149. NEMA DC 3–1978 Low–voltage Room Thermostats
150. NEMA DC 6–1971 R1976 Controls for Gas Water Heaters
151. NEMA DC 9–1970 R1980 Oil Burner Primary Controls

152. NEMA DC 10–1977 Temperature Limit Controls for Electric Baseboard Heaters
153. NEMA DC 12–1979 R1980 Hot Water Immersion Controls
154. NEMA DC 13–1979 Line–voltage Integrally Mounted Thermostats for Electric Heaters
155. NEMA DC 15–1979 Line–voltage Room Thermostats
156. NEMA DC 22–1977 Load Control for Use on Central Electric Heating Systems

Cooling Tower Institute (CTI)

157. ATC–128 (1981) Code for Measurement of Sound from Water Cooling Towers
158. CTI ATC–105 Acceptance Test Code for Water Cooling Towers: Mechanical Draft, Natural Draft Fan Assisted Types, and Evaluation of Results
159. STD–131 (1983) Fiberglass–reinforced Plastic Panels for Application on Industrial Water Cooling Towers

Air Movement and Control Association (AMCA)

160. AMCA 99–2405–83 Inlet Box Positions for Centrifugal Fans
161. AMCA 300–67 Test Code for Sound Rating Air–moving Devices
162. ANSI–IEC Pub. 385 AC Electric Fans and Ventilators

Underwriters Laboritories (UL)

163. ANSI/UL 33–1982 Heat Responsive Links for Fire Protection Service (1982)
164. ANSI/UL 705–1977 Power Ventilators (1977)
165. UL 555 Fire Dampers and Ceiling Dampers

National Fire Protection Association (NFPA)

166. NFPA 80 Fire Doors and Windows
167. NFPA 96 Vapor Removal from Cooking Equipment
168. NFPA 101–81 Life Safety
169. NFPA 252 Standard Method of Fire Tests of Door Assemblies

American Boiler Manufacturers Association (ABMA)

170. ABMA–1973 Measurement of Sound from Boiler Units, Bottom Supported Shop or Field Errected

National Environmental Balancing Bureau (NEBB)

171. NEBB–1977 Procedural Methods for Measuring Sound and Vibration
172. NEBB–1983 Procedural Standards for Testing, Adjusting, Balancing of Environmental Systems
173. NEBB–1977 Sound and Vibration in Environmental Systems

6.3 BUILDING PERFORMANCE EVALUATION DOCUMENT LIST

Documents in this series have been divided into four classes. Class A documents describe the use of documents in the other three classes. Class B is a catalogue of tests which includes an index and cross reference list. Class C documents provide an overview of the three performance areas and summarize the Class D documents in the respective area. Class D documents contain descriptions of performance attributes and detail means of assessing those attributes.

	A1	Project Manager's Guide
	A2	Property Manager's Guide
	B1	Catalogue of Tests
Overviews	C1	Environmental and Energy Performance
	C2	Functional Performance
	C3	Systems and Material Performance
Environmental and Energy Performance	D01	Pollutant Evaluation
	D02	Pollution Migration
	D03	Thermal Environment Evaluation
	D04	Global Evaluation: Energy Performance
	D05	Component Evaluation: Energy Performance
	D06	Equipment and Systems Evaluation: Energy Performance
	D07	Retrofit Evaluation: Energy Performance
	D08	Acoustic Environment Evaluation
	D09	Air Circulation Evaluation
	D10	Illumination Evaluation
	D11	Weather Data Collection
Functional Performance	D20	Record and Archive Analysis
	D21	Plan Annotation
	D22	Focused Interviews
	D23	Questionnaires
	D24	Observation
Systems and Material Performance	D30	Structural Walls and Columns: Condition Survey
	D31	Structural Slabs and Roofs: Condition Survey
	D32	Parking Garages: Condition Survey
	D33	Mechanical Systems Evaluation
	D34	Mechanical Controls Evaluation
	D35	Electrical Systems Evaluation
	D36	Airtightness and Pressure Monitoring
	D37	Measurement of Outdoor Air Supply Rate
	D38	Thermographic Inspections of Building Enclosures
	D39	Thermal Resistance Measurement
	D40	Moisture Content Inspections
	D41	Roofing Systems Evaluation

Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Rendement des systèmes et du matériel

Document C3

Canada

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Rendement des systèmes et du matériel

Document C3

SAG 1-4:86-38

mars 1988

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation ou n'endosse sous quelque forme que ce soit, exprimée ou tacite, cette publication ou les programmes ou l'information qu'elle contient quant à la qualité, la commercialisabilité, l'adéquation à une fin particulière ou la capacité à produire un résultat quelconque. En aucun cas, le Ministre ou Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, ses employés, fonctionnaires ou agents gouvernementaux ne peuvent être tenus légalement responsables à l'égard de quiconque pour un préjudice direct, indirect ou découlant de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information y contenus.

Publiés par les Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada | Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL	2. Numéro de contrôle AES/SAG 1-4:86-38
	3. Date mars 1988
4. Auteur(s) K. Jaeggin	5. No de réf. du conseil
6. Chargé de projet	7. No de la collection technique C3
8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur Division du rendement des immeubles, T.P.C. Local C-548, Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Téléphone: (613) 998-7830	9. Type de document Lignes directrices
	10. Nombre de pages 38
11. Nom et adresse de l'organisme promoteur Technologie du design, de la construction et de l'immobilier Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale Logement	12. No de dossier de TPC A4270-16
	13. No de projet de TPC 602055
14. Notes Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.	15. No de publication de ASC
	16. ISBN

17. Résumé

Ce document décrit l'impact que le matériel, les composants et les systèmes ont sur l'approache de l'évaluation du rendement global d'un immeuble. Le lien entre le rendement des systèmes et du matériel et des autres types de rendement, avecles étapes distinctes du processus d'exécution de projet est expliqué. Les systèmes du bâtiment sont listés avec description des facteurs affectant leur performance. Une approche générale pour vérifier les systèmes et les composants et indiquée et une méthode pour effectuer les évaluations est donnée. Une vaste liste des systèmes, sous-systèmes et qualités à être testés est comprise; les normes et les méthodes d'essai appropriées sont referées dans une bibliographie.

18. Diffusion Exemplaires disponibles: Centre de documentation Services d'architecture et de génie Travaux publics Canada Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Mots clés	
	20. No de catalogue du centre de documentation BP C3b	21. Prix

DPW 2398 (86/09)

TABLE DES MATIÈRES

	PRÉFACE	*vii*
1.	**INTRODUCTION À L'ÉVALUATION DU RENDEMENT TOTAL DES IMMEUBLES**	*1*
2.	**DÉFINITION DU RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL**	*4*
2.1	Corrélation avec le rendement fonctionnel	*5*
2.2	Corrélation avec le rendement énergétique et environnemental	*5*
2.3	Le rendement des systèmes et du matériel et le processus d'élaboration des programmes	*5*
2.4	Le rendement des systèmes et du matériel et le processus de conception	*5*
2.5	Le rendement des systèmes et du matériel et le processus de construction	*6*
2.6	Le rendement des systèmes et du matériel et le processus de mise en service	*6*
2.7	Le rendement des systèmes et du matériel et la gestion des installations	*6*
2.8	Le rendement des systèmes et du matériel et l'amélioration	*7*
3.	**ÉLÉMENTS INCLUS DANS LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL**	*8*
3.1	Systèmes structuraux	*8*
3.2	Systèmes d'enveloppe du bâtiment	*8*
3.3	Systèmes mécaniques	*9*
3.4	Systèmes électriques	*9*
3.5	Ameublement	*9*
3.6	Systèmes du transport vertical	*10*
3.7	Systèmes de protection-incendie	*10*
3.8	Ouvrages extérieurs	*11*
3.9	Systèmes de communication	*11*
4.	**ESSAIS**	*12*
5.	**MÉTHODOLOGIE**	*15*
5.1	Lancement d'un projet	*15*
5.2	L'équipe du projet	*15*
5.3	Développement du plan de travail	*16*
5.4	Travaux sur place et dossiers	*16*
5.5	Évaluation et recommandations	*16*
5.6	Coûts des ressources et de l'évaluation	*17*
6.	**ANNEXES**	*18*
6.1	Sous-systèmes, systèmes et caractéristiques à éprouver	*18*
6.1.1	Enveloppe extérieure	*18*
6.1.2	Enveloppe intérieure	*19*
6.1.3	Ameublement	*20*

6.1.4	Structure portante	21
6.1.5	Systèmes de chauffage	23
6.1.6	Systèmes de ventilation	25
6.1.7	Systèmes de conditionnement d'air	25
6.1.8	Systèmes de transport vertical	27
6.1.9	Systèmes électriques	27
6.1.10	Systèmes de plomberie et d'évacuation des eaux	28
6.1.11	Systèmes d'évacuation des déchets solides	29
6.1.12	Systèmes d'extinction d'incendie	30
6.1.13	Systèmes de contrôle de la fumée	30
6.1.14	Systèmes de communication	30
6.1.15	Ouvrages de chantier	30
6.2	Normes et essais de référence	32
6.3	Liste de documents évaluant le rendement des immeubles	38

PRÉFACE

Le présent document a pour objet de donner aux directeurs de projets et d'immeubles une meilleure compréhension de l'évaluation des immeubles d'après leur rendement global et du processus d'évaluation utilisé pour ce faire. On indiquera donc les méthodes et les essais permettant d'évaluer la performance du matériel, des composants et des systèmes d'un bâtiment, ceci dans le but de faciliter leur sélection et leur planification au cours des phases de l'élaboration du programme, de la conception, de la construction, de la mise en service, de l'aménagement ou de l'occupation.

La présente publication fait partie d'une série de documents portant sur l'évaluation des immeubles selon l'approche de performance globale. Le document de classe A de cette série donnent plus de détails sur le concept transdisciplinaire d'évaluation de la performance globale des bâtiments et sur les façons d'intégrer ce concept à l'évaluation des sept qualités d'un bâtiment :

- confort visuel,
- confort acoustique,
- qualité de l'air,
- confort thermique,
- caractéristiques fonctionnelles,
- intégrité, et
- efficacité énergétique.

Le document de classe B est un répertoire d'essais.

Il existe un document de classe C pour chacun des trois domaines d'études : "Rendement des systèmes et du matériel", "Rendement énergétique et environnemental" et "Rendement fonctionnel".

La présente publication traite du rendement des systèmes et du matériel, qui a pour but d'évaluer dans quelle mesure la performance voulue pour les systèmes, sous–systèmes et matériel du bâtiment est atteinte. Elle s'intéresse également à l'intégrité du bâtiment et au rendement de son enveloppe et de ses sous–systèmes de mécanique et d'électricité.

Il y a aussi deux autres documents de classe C qui traitent, l'un, du rendement fonctionnel et l'autre, du rendement énergétique et environnemental.

L'évaluation du rendement fonctionnel analyse dans quelle mesure sont satisfaits les besoins fonctionnels des occupants dans l'exécution de leurs activités. Elle tente de définir les exigences des occupants, l'agencement spatial, l'adaptation des utilisateurs au bâtiment et l'utilisation qu'ils en font de même que leur perception de la qualité du bâtiment. L'évaluation de la performance environnementale et énergétique examine dans quelle mesure le bâtiment assure le degré voulu de qualité de l'air et de confort auditif, visuel et thrmique dans les locaux occupés tout en restant énergétiquement efficace.

Les documents de classe D décrivent des techniques d'évaluation précises ainsi que les critères de performance qui s'y rattachent.

1. INTRODUCTION À L'ÉVALUATION DU RENDEMENT TOTAL DES IMMEUBLES

Les bâtiments, quel que soit leur usage, sont assortis d'exigences de plus en plus complexes. La nature des fonctions, activités et procédés qu'ils abritent est en train de changer et ils doivent s'adapter à ces changements. Les contraintes économiques et sociales se déplacent : les coûts énergétiques et autres ont grimpé. Les propriétaires et les occupants deviennent plus exigeants et les prescriptions concernant la santé et la sécurité dans les codes et les normes deviennent plus astreignantes. Ces nouvelles exigences ont conduit à l'utilisation de nouveaux matériaux, composants et systèmes, de même qu'à la rénovation et à la modernisation des bâtiments existants. Ceux qui sont chargés de la conception, de la construction et de l'exploitation des bâtiments se trouvent ainsi confrontés à des défis plus importants.

Il est nécessaire de définir de façon plus explicite les exigences de performance aux étapes des études conceptuelles, de programmation, de conception, d'aménagement, d'exploitation et de modernisation. Des prévisions plus précises de la façon dont les variantes de conception influenceront les divers aspects du rendement de l'immeuble doivent être faites à l'étape de la conception. Tous les aspects essentiels du rendement de l'immeuble doivent être mesurés tout au long du processus de réalisation du projet, aux étapes de la programmation, de la conception, de la construction, de la mise en service et du post–emménagement. Les problèmes qui surviennent en cours d'exploitation et d'utilisation doivent être définis et résolus. L'évaluation du rendement global d'un immeuble est un moyen clé d'y parvenir.

Pour être en mesure d'évaluer le rendement, il faut définir les éléments suivants :

- "caractéristiques de rendement ou qualités". Elles regroupent les qualités ou les propriétés que doit avoir un sous–système ou une composante pour fonctionner, tout en répondant aux besoins de l'utilisateur;
- "exigences ou objectifs de rendement". Ils constituent un énoncé qualitatif de la performance souhaitée pour l'ambiance concernée;
- "critères ou niveaux de rendement". Ils constituent une expression quantitative de la performance souhaitée;
- "indices ou mesures de rendement". Elles sont des niveaux définis de performance; et
- "méthodes d'essai et d'analyse visant à vérifier la conformité aux critères retenus".

Cette évaluation permet d'établir le rendement d'un immeuble et d'en repérer les lacunes. Les résultats obtenus peuvent contribuer à l'élaboration de critères de performance et de méthodes de prédiction, de conception, de construction et d'exploitation plus poussés.

Les exigences de performance peuvent être définies à divers niveaux :

- de la collectivité ou du voisinage;
- du site du bâtiment;
- du bâtiment et des locaux;
- des postes de travail;

- des sous–systèmes; et
- des matériaux et des composants.

Des progrès considérables ont été réalisés dans l'établissement des exigences, critères et indices de performance ainsi que des méthodes d'essai au niveau du matériel et des composants. Il suffit de citer à cet égard l'example du Devis directeur national et des normes auxquelles il fait référence. On ne peut en dire autant pour ce qui est des niveaux du bâtiment, des locaux, des postes de travail et des sous–systèmes qui sont les cibles essentielles de l'évaluation des bâtiments selon l'approche de rendement global.

Cette approche s'intéresse au rendement sous l'angle :

- des exigences du propriétaire et les besoins et activités de l'utilisateur,
- des exigences liées à l'espace intérieur visant à assurer des conditions environnementales acceptables pour l'utilisateur et les activités ou procédés qui lui sont reliés,
- des exigences liées aux sous–systèmes pour répondre aux besoins des utilisateurs et de leurs activités et maintenir l'intégrité du bâtiment et des sous–systèmes.

Ces aspects de rendement peuvent être définis en fonction d'un certain nombre de qualités principales et secondaires. Il est très important de reconnaître les nombreuses facettes de ces qualités ainsi que leur interdépendance. Comme il est aisé d'atteindre un objectif de performance au détriment d'un autre, il fait, pour contrer cette éventualité, adopter une approche transdisciplinaire pour évaluer le rendement total d'un immeuble.

On définit le rendement total d'un immeuble d'après sept qualités :

- qualité d'utilisation fonctionnelle,
- confort acoustique,
- confort visuel,
- confort thermique,
- qualité de l'air,
- intégrité du bâtiment, et
- efficacité énergétique.

Ces qualités relèvant de trois domaines de responsabilités :

- performance fonctionnelle;
- performance énergétique et environnementale; et
- performance des systèmes et des matériaux.

Les trois domaines englobent toute une gamme de compétences et de disciplines qui sont interreliées dans le contexte de l'évaluation globale de l'immeuble.

Trois critères peuvent servir à évaluer le rendement d'un immeuble :

1. Le degré de satisfaction des besoins fonctionnels des occupants dans l'exécution de leurs activités. Il s'agit d'un critère qui intéresse particulièrement ceux qui

sont chargés d'évaluer le rendement fonctionnel ainsi que les responsables de la gestion et de l'efficacité des activités qui se déroulent dans le bâtiment.

Les disciplines concernées sont celles qui s'intéressent à la définition des besoins du propriétaire et des utilisateurs. On retrouverait notamment :

- les propriétaires;
- les groupes d'utilisateurs;
- les chefs de service;
- les architectes;
- les programmeurs de fonctions;
- les décorateurs d'intérieur;
- les gestionnaires de programmes et d'installations;
- les ingénieurs (sécurité, sécurité–incendie, CVCA (Chauffage, Ventilation, Conditionnement de l'air), éclairage, etc.); et
- les consultants spécialisés (aménagement paysager, oeuvres d'art, alimentation, services, transport vertical).

2. Le degré d'atteinte des niveaux souhaités de qualité de l'air et de confort visuel, acoustique et thermique, le tout restant efficace au plan énergétique. Il s'agit de domaines qui intéressent particulièrement ceux qui sont chargés d'évaluer le rendement énergétique et environnemental et ceux qui sont responsables de l'exploitation et de l'entretien du bâtiment. Les disciplines concernées regroupent notamment :

- les architectes;
- les ingénieurs de CVCA;
- les consultants en éclairage et en électricité;
- les consultants en acoustique;
- les professionnels de la santé, de la sécurité et de la qualité de l'air;
- les gestionnaires de programmes et d'installations; et
- le personnel d'exploitation et d'entretien.

3. Le degré de conformité du matériel et des systèmes constituant l'installation aux exigences de performance précisées dans les documents contractuels. Il s'agit de domaines qui intéressent particulièrement ceux qui sont chargés de l'évaluation des systèmes et du matériel et ceux qui sont responsables de la conception et de la construction de l'installation considérée. Ce critère est essentiel pour les gestionnaires d'installations et le personnel d'exploitation et d'entretien. Les disciplines concernées regroupent généralement :

- les architectes;
- les consultants en structures, en mécanique et en électricité;
- les gestionnaires de projets;
- les rédacteurs de devis, les organismes d'inspection et de contrôle de la qualité;
- les entrepreneurs généraux et les sous–traitants; et
- les ingénieurs d'usine (chargés de la maintenance).

2. DÉFINITION DU RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL

Tous les systèmes que comprend l'installation achevée sont classifiés sous le rendement des systèmes et du matériel. Chacun d'eux est conçu et construit de manière à égaler ou à dépasser les normes minimales des organismes de réglementation compétents en vue de préserver la sécurité des occupants et du voisinage. On évalue aussi dans quelle mesure chaque système respecte les prescriptions de conception et de construction. L'évaluation du degré de conformité de l'ensemble des systèmes aux exigences fonctionnelles et environnementales suppose une évaluation combinée du rendement énergétique et environnemental et du rendement fonctionnel.

Les disciplines essentiellement concernées par le rendement des systèmes et du matériel regroupent notamment :

- l'architecture;
- les génies : civil, mécanique, électricité, géotechnique et chimique;
- les technologies d'architecture et de génie;
- les sciences des matériaux;
- la météorologie;
- la climatologie;
- les sciences du bâtiment.

Les relations entre les disciplines concernées sont propres à chacun des systèmes et peuvent varier en fonction du problème ou de la caractéristique étudiée.

L'évaluation du rendement des systèmes et du matériel établit les caractéristiques des systèmes d'une installation. Cette évaluation, conjuguée à celles qui portent sur le rendement fonctionnel, énergétique et environnemental, est utilisée pour évaluer le rendement global de l'installation utilisée.

La base de l'évaluation du rendement des systèmes et du matériel est fournie par les plans et devis des documents contractuels ainsi que les paramètres sur lesquels s'est fondée la conception.

Les matériaux, les composants et l'équipement sont généralement choisis d'après des renseignements obtenus lors d'essais de laboratoire. La performance des systèmes assemblés sur chantier ainsi que des systèmes combinés peut être prévue à l'étape de la conception.

L'évaluation de la performance des systèmes et du matériel a pour but de déterminer les caractéristiques des systèmes pris individuellement et en combinaison et d'évaluer leur performance. L'aspect d'évaluation consacré au matériel, vérifie dans quelle mesure les objectifs de rendement des systèmes et du matériel en termes de durée de vie sont respectés dans le bâtiment terminé.

Dans le cadre de l'évaluation du rendement des systèmes et du matériel, il faut obtenir les devis et les plans d'après-construction, les manuels d'exploitation et d'entretien ainsi que les paramètres et méthodes utilisés dans le processus de conception et de construction, et documenter tous les changements observés dans l'installation.

2.1 CORRÉLATION AVEC LE RENDEMENT FONCTIONNEL

Le rendement des systèmes et du matériel est lié au rendement fonctionnel pour fournir les services d'électricité, de mécanique, de plomberie, d'évacuation des déchets, et de transport vertical, ainsi que des systèmes de communication et de sécurité.

2.2 CORRÉLATION AVEC LE RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE ET ENVIRONNEMENTAL

Le rendement des systèmes et du matériel est lié à la performance énergétique et environnementale en ce qu'elle établit les caractéristiques des matériaux et des éléments constituant l'ameublement et les limites spatiales de même que les caractéristiques d'exploitation de l'équipement et des systèmes de chauffage, de refroidissement, de ventilation, d'éclairage et autres.

À partir du rendement des systèmes et du matériel, on peut déterminer les caractéristiques thermiques et de transmission par rayonnement des constituants de l'enveloppe extérieure. Elle peut servir à évaluer les aptitudes de l'équipement installé à chauffer, à refroidir et à acheminer les fluides. Tous ces facteurs peuvent influer sur l'efficacité énergétique du bâtiment. La performance des systèmes et du matériel peut être utilisée conjointement avec le rendement énergétique, environnemental et fonctionnel pour contrôler la consommation d'énergie en fonction du climat, de l'utilisation du bâtiment, des types d'usage et de leur fréquence. Les résultats peuvent servir à analyser la consommation d'énergie, ce qui conduira, le cas échéant, à la mise au point de méthodes d'exploitation plus efficaces à cet égard ou à des mesures de modernisation.

2.3 LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL ET LE PROCESSUS D'ÉLABORATION DES PROGRAMMES

L'évaluation du rendement des systèmes et du matériel donne des renseignements sur les exigences spatiales s'appliquant aux systèmes, équipement et conduits de CVCA. Elle peut également en fournir sur les interactions entre les divers usages, ou encore, sur les caractéristiques de protection–incendie et de désenfumage qui peuvent influencer l'agencement des locaux et l'emplacement des issues de secours. Elle peut aussi aider à déterminer le profil et les besoins des utilisateurs.

2.4 LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL ET LE PROCESSUS DE CONCEPTION

L'évaluation du rendement des systèmes et du matériel fournit des renseignements sur les propriétés des composants et des séparations en matière d'étanchéité, de résistance au feu et de transmission acoustique. Elle peut fournir des renseignements concernant :

- les coefficients d'étanchéité à l'air de composants, ou des assemblages ou bâtiments ayant déjà été mis à l'essai;
- les facteurs climatiques (vent, précipitations, rayonnement solaire, température, humidité, etc.); et,

- les propriétés physiques des matériaux et des composants in situ, en combinaison et en pratique.

L'expérience dans la mesure ou l'évaluation du rendement des sous–systèmes peut s'avérer bénéfique pour élaborer les devis de performance et de techniques d'évaluation. Elle peut aussi permettre de tirer parti de caractéristiques ou de composants susceptibles de simplifier les techniques d'évaluation et d'entretien des installations et d'élargir leur portée. Ainsi, en prévoyant par exemple des postes de mesure du débit pour contrôler la consommation d'énergie de même que des neutralisations manuelles de fonctionnement des ventilateurs et de position des registres, on pourrait faciliter les évaluations de rendement envisagé du point de vue des infiltrations d'air, de l'étanchéité des registres, de l'accumulation de poussière sur les serpentins et les filtres ou de l'encrassement des tuyauteries.

Des études de cas appropriés pourraient servir de base pour normaliser, modifier ou développer les activités liées aux études de conception préliminaires et détaillées.

2.5 LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL ET LE PROCESSUS DE CONSTRUCTION

L'évaluation du rendement des systèmes et du matériel peut servir de base à l'évaluation des détails de conception et à la documentation concernant l'ouvrage achevé. On s'en sert dans l'évaluation de maquettes grandeur nature ou de composants et d'équipement à certaines étapes de la construction. Cette évaluation porte notamment sur l'étanchéité, les caractéristiques thermiques, le transfert par rayonnement, les propriétés structurales, les caractéristiques des surfaces, les caractéristiques d'exploitation de l'équipement, les niveaux de bruit et de vibration.

2.6 LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL ET LE PROCESSUS DE MISE EN SERVICE

L'évaluation du rendement des systèmes et du matériel fournit un moyen de prescrire et réaliser les essais de mise en route des systèmes de mécanique et d'électricité, notamment l'étalonnage des dispositifs de régulation, l'équilibrage des systèmes aérauliques, le contrôle des niveaux de bruit et de vibration. Elle donne les moyens d'évaluer la performance de l'enveloppe sur le plan thermique et des infiltrations d'air, l'étanchéité globale du bâtiment et l'efficacité des moyens de désenfumage. Conjointement avec le rendement énergétique et environnemental, elle examine les conditions thermiques, acoustiques et d'éclairage ainsi que la qualité de l'air une fois l'aménagement terminé.

2.7 LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL ET LA GESTION DES INSTALLATIONS

L'évaluation du rendement des systèmes et du matériel peut fournir un moyen de signaler et de définir une défaillance de l'équipement, de procéder aux essais

nécessaires et de recommander les mesures correctives qui s'imposent. Il permet également d'indiquer les caractéristiques ou éléments qui pourraient être intégrés aux méthodes d'entretien. Il peut être utilité pour diagnostiquer les problèmes reliés à l'enveloppe du bâtiment et recommender des solutions afin de déterminer leur conformité aux devis de performance.

2.8 LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL ET L'AMÉLIORATION

L'évaluation du rendement des systèmes et du matériel peut servir de base pour évaluer les systèmes et sous–systèmes de bâtiments existants et indiquer s'ils conviennent ou s'il faut y apporter des modifications pour les adapter à l'usage proposé. On peut procéder à un examen de l'enveloppe du bâtiment et vérifier les détails de construction, l'étanchéité, les caractéristiques thermiques et les dommages éventuels causés par l'eau ou les cycles de gel–dégel. Des recommandations peuvent être faites aux modifications à apporter ou aux améliorations nécessaires.

3. ÉLÉMENTS INCLUS DANS LE RENDEMENT DES SYSTÈMES ET DU MATÉRIEL

3.1 SYSTÈMES STRUCTURAUX

Le rendement structural d'un bâtiment dépend du résultat des interactions des fondations, de la charpente, des éléments de l'enveloppe extérieure et des séparations intérieures sous les diverses charges imposées par les occupants, les composants du bâtiment et les ambiances intérieure et extérieure.

Des critères de calcul permettant d'obtenir un rendement minimal acceptable sont établis pour empêcher les défaillances de la charpente et autres éléments porteurs. D'autres critères sont établis pour limiter les flèches, éviter les fissures, assurer une vie utile satisfaisante, et maintenir l'intégrité des composants. Le but ultime est d'assurer le confort et le bien–être des occupants ainsi que le fonctionnement optimal des équipements ou services.

L'environnement physique des éléments structuraux et des composants qu'ils supportent peut avoir une grande influence sur la performance. Les charges directes résultant de mouvements souterrains et de facteurs climatiques tels que le vent, la pluie, la neige et les accumulations d'eau de fonte sont généralement prévues à l'étape de la conception. Les charges indirectes ou celles qui sont imposées en raison des variations de température et d'humidité ambiantes doivent aussi être prises en compte. La performance structurale à des températures élevées imputables à un incendie constitue un cas spécial.

La corrosion accélérée de l'acier d'armature et la détérioration du béton à cause des sels de déglaçage représentent un grave problème, notamment dans les garages de stationnement. La corrosion des liens métalliques dans la maçonnerie, ou des cornières et consoles de support des divers types de parement constitue également un cas problème. Le choix et le traitement des matériaux, la protection contre l'eau et la méthode d'assemblage sur chantier sont autant d'autres facteurs influençant le rendement.

3.2 SYSTÈMES D'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

L'enveloppe d'un bâtiment est destinée à protéger l'intérieur de celui–ci contre les éléments extérieurs et à assurer sécurité, sûreté et confort aux occupants.

Ces systèmes d'enveloppe se composent de murs, de revêtements muraux, d'une couverture, de fenêtres, de portes et de vitrages. Ces éléments peuvent être porteurs, comme certains murs et la couverture, ou de simples revêtements.

Les critères de performance et les critères de conception des systèmes d'enveloppe d'un bâtiment sont les mêmes que ceux qui se rapportent à la structure. Ces derniers sont établis pour empêcher la défaillance des composants du système ou limiter les flèches, les fissures, l'écaillage, les infiltrations d'eau et d'air, et obtenir une vie utile

satisfaisante. Les détails concernant les méthodes d'évaluation et d'essai sont donnés dans les documents de classe D.

3.3 SYSTÈMES MÉCANIQUES

La performance des systèmes de CVCA dépend de l'interaction entre les systèmes et équipements de chauffage des locaux, de ventilation, de conditionnement d'air et de refroidissement, le système d'électricité, l'enveloppe et les séparations internes du bâtiment, les ambiances intérieure et extérieure, et dans une certaine mesure, les systèmes de plomberie et d'évacuation.

La performance des systèmes de plomberie et d'évacuation dépend du nombre et de l'agencement des appareils, du diamètre, de la pente et de la configuration des tuyauteries ainsi que des charges prévues d'après le type d'usage et les conditions climatiques. Leurs éléments peuvent influer sur la performance des séparations qu'ils traversent.

La tenue au feu des systèmes de plomberie influence également les systèmes de protection–incendie et de désenfumage ainsi que le maintien de conditions appropriées dans les aires d'issue et de refuge.

3.4 SYSTÈMES ÉLECTRIQUES

La performance du système d'éclairage dépend de l'interaction entre les caractéristiques des surfaces du local et de l'ameublement, l'orientation et les caractéristiques de transmission de la lumière des fenêtres et les conditions météorologiques.

La performance du système de distribution électrique dépend de l'appel de puissance constant et de pointe, des caractéristiques de l'appareillage de commutation et des dispositifs de commande ainsi que de l'état de l'isolant.

Les conditions thermiques et hygrométriques ainsi que la qualité de l'air peuvent avoir une influence importante sur la performance et la vie utile des composants électriques. La condensation due aux changements dans les conditions thermiques ou hygrométriques, la concentration de particules en suspension dans l'air et les phénomènes thermiques et électriques qui font qu'elles se déposent sont autant de facteurs qui affectent la performance des contacts d'interrupteurs ou des appareils d'éclairage. La surchauffe des câbles enrobés causée par la dégradation thermique de l'isolant peut générer des produits corrosifs pour le conducteur.

3.5 AMEUBLEMENT

La performance des éléments d'ameublement dépend du fenêtrage, de l'éclairage artificiel, de l'agencement spatial des surfaces, de leur orientation, de leur facteur de réflexion, de leurs formes, de leur pouvoir d'absorption acoustique, des conditions d'humidité et de l'ambiance thermique.

L'agencement et la configuration de l'ameublement peuvent influer sur la distribution de l'air dans un local occupé. L'emplacement et la position des stores et des tentures

auront une influence sur la circulation de l'air et sur le rendement des appareils périphériques de CVCA, de même que sur l'éclairement et le bilan des apports et déperditions d'énergie transmise par rayonnement.

Les tentures et les stores sont des éléments importants de la performance thermique des fenêtres sur le plan de la température de la surface interne, de la condensation et des barrières thermiques.

Les matériaux d'ameublement peuvent dégager des gaz, des odeurs ou des particules qui affectent sur la qualité de l'air et peuvent être déterminants en cas d'incendie. Leurs caractéristiques d'inflammation et de propagation de la flamme, la contribution des combustibles à la charge d'incendie et à la production de fumées et de gaz toxiques doivent être considérées. L'agencement du mobilier et des cloisons influencera les courants de circulation en cas d'incendie ou de situation d'urgence.

3.6 SYSTÈMES DU TRANSPORT VERTICAL

La performance des systèmes de transport verticale peut affecter le système électrique de distribution et d'alimentation ainsi que le système de ventilation et de conditionnement d'air.

Les caractéristiques d'étanchéité des puits d'escaliers et d'ascenseurs ainsi que leurs portes d'accès influent sur les mouvements de l'air et les courants de circulation du feu et des fumées dans un bâtiment. Les coefficients de fuite de ces séparations influencent aussi la performance des systèmes de protection-incendie et de désenfumage ainsi que l'emplacement, le choix et la performance des vestibules et autres éléments de lutte contre les courants d'air et les fumées. Ces caractéristiques peuvent aussi avoir une influence sur le bruit généré par l'air circulant dans le système et peuvent devoir être prises en considération au moment d'évaluer le confort acoustique du milieu.

3.7 SYSTÈMES DE PROTECTION-INCENDIE

Le rendement des systèmes de protection-incendie est influencé par les éléments de charpente, l'agencement dans l'espace et les caractéristiques des éléments des enveloppes intérieures et extérieures, ainsi que par les systèmes d'extinction en cas de feu, les systèmes d'alimentation en eau et ceux d'évacuation, et par l'emplacement de l'ameublement, et de ses propriétés.

La performance des systèmes de désenfumage est influencée par les caractéristiques d'étanchéité des enveloppes intérieures et extérieures, des portes et autres accès, et par les puits et ouvertures des systèmes de transport vertical. La capacité et l'agencement des conduits et de tout l'outillage de manutention de l'air sont également des éléments à prendre en considération.

3.8 OUVRAGES EXTÉRIEURS

La performance des ouvrages extérieurs est déterminée par leur interaction avec les systèmes suivants :

- évacuation des eaux;
- enveloppe extérieure;
- électricité;
- transport vertical;
- ventilation;
- évacuation des déchets.

Elle dépend aussi de l'emplacement et de l'orientation des ouvrages et bâtiments adjacents, ainsi que du climat et des conditions atmosphériques.

La performance des systèmes extérieurs d'évacuation des eaux détermine :

- l'usage des routes d'accès pour piétons, personnel et véhicules d'entretien et d'exploitation;
- la qualité et l'efficacité des systèmes de déglaçage;
- la tenue des plantations;
- les soulèvements de terrain dus au gel.

L'emplacement et la configuration des ouvrages extérieurs et des éléments caractéristiques de bâtiments influencent les mouvements de l'air de même que les accumulations de neige sur le terrain, la sécurité et le confort des piétons ainsi que l'accessibilité pour les tâches d'entretien et de déneigement.

3.9 SYSTÈMES DE COMMUNICATION

Le rendement des systèmes de communication, incluant ceux d'alarme–incendie et d'annonce d'évacuation, peut interférer avec les systèmes d'alimentation et de distribution électriques, de même que par les composants électriques des systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air. Un bon rendement du système de communication est essentiel à la gestion et à l'organisation des itinéraires d'évacuation ou de sécurité en cas d'incendie ou de situation d'urgence.

La performance des systèmes d'alarme–incendie et de sonorisation dépend autant des facteurs qui influent sur le câblage électrique que de la convenance et du fonctionnement des éléments des systèmes, qu'il s'agisse des sonneries d'alarme, des haut–parleurs ou de l'équipement électronique.

4. ESSAIS

Il existe quatre raisons pour entreprendre une évaluation du rendement des systèmes et du matériel :

- une défaillance observée ou suspecte d'un matériel, d'un composant, ou d'un système;
- l'analyse du rendement total de l'immeuble;
- l'analyse de l'environnement intérieur;
- la mise en service et de la prise en possession.

Chaque essai peut inclure un ou plusieurs des niveaux suivants d'évaluation :

Étape I
- analyse des plans et des archives;
- visite d'inspection; et
- analyse de l'occupation et de l'utilisation des locaux.

Étape II
- analyse au moyen d'instruments simples.

Étape III
- analyse au moyen d'instruments complexes.

Habituellement, il faut procéder à un examen des plans et devis de construction de même qu'à une brève visite des lieux ou à un examen visuel du problème (Étape I).

La détérioration ou des indices de détérioration des murs, fenêtres, planchers ou toits peuvent appeler une analyse plus détaillée des conditions atmosphériques ou climatiques antérieures, des mesures sur de courtes durées des conditions intérieures ou des entrevues avec les occupants (Étapes I et II). Les problèmes de tâches ou d'infiltration d'eau peuvent nécessiter une analyse plus approfondie à l'aide d'un équipement complexe, tel le scanneur à rayons infrarouges jumelé à la mesure et l'enregistrement des infiltrations d'air et des différences de pression. Cela nécessiterait une analyse des résultats en laboratoire.

Dans le cas de problèmes de performance des éléments de charpente du bâtiment, les essais nécessiteront des données sur les hypothèses et les méthodes de calcul adoptées par le concepteur en structure (Étape I). Il faudra obtenir des renseignements sur les conditions atmosphériques et les charges d'occupation (Étape I). Les essais visant à déterminer les propriétés des matériaux ou les flèches dans les éléments de structure seront normalement de courte durée (Étape II). En cas de problèmes liés au comportement dynamique du bâtiment (vibrations dues au vent ou à la circulation, par exemple), il pourrait être nécessaire de procéder à des essais de plus longue durée portant sur les mouvements et les vibrations du bâtiment, ainsi qu'à des analyses en laboratoire (Étape III). La détérioration des éléments de structure due au gel ou à la corrosion de l'acier d'armature ou des liens et des consoles métalliques peut appeler des essais indirects, non destructifs.

On peut prendre des échantillons des éléments structuraux afin de les analyser sur place et en laboratoire (Étapes II et III). Les observations visuelles (Étape I) peuvent être

complétées par une étude des caractéristiques des matériaux faisant appel à des techniques non destructives ou d'échantillonnage partiel (Étape II). Les essais de performance des fondations peuvent supposer des carottages ou des mesures de longue durée. Celles-ci seraient normalement effectuées à l'aide d'instruments relativement simples, installés pour des prises de mesures périodiques (Étape II).

Lors de la conception des systèmes de chauffage, ventilation et conditionnement d'air, il faut prévoir comment réagiront, à titre d'ensemble, les composants qui ont chacun leurs propres caractéristiques de performance. Celles-ci sont extrapolées à partir d'essais de laboratoire, qui utilisent des techniques et des méthodes permettant souvent d'indiquer comment les composants et les systèmes se comporteront une fois installés. Certaines ont été incorporées aux méthodes d'évaluation courantes, comme dans le cas de l'équilibrage des systèmes aérauliques. On pourrait aussi les appliquer à l'évaluation des caractéristiques de performance d'autres systèmes.

Certains composants, tels les unités terminaux pour l'air, comportent des sondes de mesure installées en usine. Les stations de mesure installées sur chantier à des fins de régulation et de contrôle de la consommation d'énergie deviennent très courantes dans les gros systèmes de CVCA. Pour l'essai de performance du système, on utiliserait des instruments simples (Étape II). L'étude de la performance combinée du système de CVCA et de l'enveloppe et des cloisons du bâtiment pourrait faire appel à des instruments simples et complexes (Étapes II et III).

Le système de CVCA et l'enveloppe extérieure sont des facteurs essentiels du confort thermique et de la qualité de l'air intérieur. La mesure de leur performance est essentielle à l'évaluation de l'ambiance intérieure. Les caractéristiques de transmission de la lumière des fenêtres, le facteur de réflexion des surfaces intérieures et des éléments d'ameublement ainsi que le rendement des appareils d'éclairage sont indispensables à l'évaluation de l'environnement visuel. Celle-ci porte sur l'éclairement aux postes de travail et son aptitude à assurer confort et productivité, sur les éblouissements par réflexion et la qualité générale de l'éclairage et de l'ambiance visuelle.

La transmission et l'absorption acoustiques des surfaces et des éléments de l'enveloppe des locaux, ainsi que le niveau de bruit de l'équipement sont déterminants dans l'évaluation du confort acoustique. Les évaluations du rendement des systèmes et du matériel et du rendement énergétique et environnemental sont étroitement liées dans toute étude des conditions d'ambiance intérieure.

Les systèmes de CVCA peuvent être utilisés pour évaluer les infiltrations d'air ou la performance thermique. Le ventilateur central de soufflage ou d'extraction peut servir à mettre le bâtiment en surpression ou en dépression pour permettre de mesurer le débit d'air et la différence de pression au travers de l'enveloppe. Cela permet d'obtenir une estimation des infiltrations d'air ou de la surface d'équivalence des fuites. Les ventilateurs de soufflage et d'extraction peuvent aussi être utilisés pour évaluer les systèmes de désenfumage ou les mouvements d'air dans les subdivisions importantes du bâtiment. Ils peuvent être utilisés conjointement avec un scanneur à rayons infrarouges ou d'autres dispositifs de détection dans les analyses d'étanchéité de l'enveloppe.

Les autorités compétentes ou les inspecteurs des agences gouvernementales sur place fourniront habituellement la confirmation que les matériaux et le matériel installés sont conformes à la qualité prescrite dans les documents contractuels ou la dépassent. Les essais et normes donnés aux sections 6.1 and 6.2 de ce présent document sont considérés comme satisfaisants pour les analyses de problèmes ou le contrôle de la qualité des installations. Bon nombre des normes citées concernent essentiellement les essais en laboratoire mais elles peuvent s'appliquer aux essais des systèmes installés. D'autres peuvent traiter d'essais en laboratoire des propriétés des matériaux ou des composants, mais conviennent pour l'évaluation.

La section 6.1 est présentée par système et sous-système accompagnés de leur caractéristiques. Les essais y sont listés.

D'autres références pour les procédures d'analyse sont également fournies. La colonne "Domaine" à la section 6.1 indique si le rendement fonctionnel (F) et/ou le rendement énergétique et environnemental (E) est impliqué.

5. MÉTHODOLOGIE

5.1 LANCEMENT D'UN PROJET

Une évaluation du rendement global d'un immeuble peut être requise suite à :

- un problème réel ou perçu dans un bâtiment existant occupé (défaillance d'un composant, problème d'ambiance intérieure ou obstacle fonctionnel, par exemple);
- un problème basé sur des preuves préliminaires ou une expérience de conditions comparables;
- une modernisation proposée ou achevée appelant une évaluation;
- une nouvelle destination ou un autre usage de l'immeuble;
- une évaluation assurant que les critères, essais et prescriptions de performance sont suffisamment bien définis.

5.2 L'ÉQUIPE DU PROJET

Les personnes concernées par l'évaluation du rendement d'un immeuble réalisé par Travaux publics Canada sont les suivantes :

- les représentants du client

  Parmi ceux-ci, on peut retrouver le représentant du propriétaire chargé de veiller aux intérêts de ce dernier sur le plan immobilier, un représentant du service d'entretien et d'exploitation et/ou du service de conception et de construction, selon les circonstances et, dans les cas où l'occupation et l'usage représentent un problème, un représentant de l'organisme locataire. Dans les projets de petite envergure, il pourrait n'y avoir qu'un seul représentant du client qui serait autorisé à prendre les décisions concernant l'ensemble du projet, les objectifs, les contraintes financières et d'échéancier et les activités de suivi.

- le directeur du projet

  Dans tous les projets, le directeur régional chargé du projet est responsable de l'échéancier, des coûts ainsi que de la planification et il coordonne la participation des membres de l'équipe par l'entremise de la Direction de la technologie des Services d'architecture et de génie.

- le directeur technique du projet

  Pour les gros projets, le directeur technique du projet serait un spécialiste des études transdisciplinaires. Pour les projets de moindre envergure, il s'agirait d'un spécialiste du domaine principalement concerné par l'évaluation, mais qui connaîtrait aussi le processus transdisciplinaire.

- les directeurs des groupes de sciences fonctionnelles, environnementales et de matériaux.

Les directeurs des groupes techniques désigneraient l'équipe des caractéristiques de performance.

- l'équipe des caractéristiques de performance

  Il s'agit de spécialistes dans le domaine des caractéristiques à évaluer, et de leur personnel.

- les disciplines de conception

  Lors de l'évaluation de la performance globale d'un bâtiment, l'équipe pourrait comprendre un spécialiste en conception chargé d'évaluer les systèmes ou les sous-systèmes, avant ou après les modifications. Les spécialistes pourraient être des architectes, ou des ingénieurs en mécanique, en électricité et en structure. Ils pourraient être représentés par les directeurs du rendement fonctionnel, du rendement énergétique et environnemental ou encore du rendement des systèmes et du matériel, ou par l'équipe des caractéristiques de performance; ils peuvent relever du service de conception et construction ou être engagés à contrat.

5.3 DÉVELOPPEMENT DU PLAN DE TRAVAIL

C'est généralement le client qui amorce un projet en définissant un objectif, un besoin, un problème ou un point de litige. Un directeur de projet, chargé de l'évaluation, discute avec le client des points à évaluer, des techniques utilisées pour ce faire, ainsi que des contraintes de coûts, de budgets et de temps. Une fois que la décision d'aller de l'avant a été prise, on passe à une discusion détaillée avec les responsables des divers domaines d'étude afin de mettre en place le processus transdisciplinaire. Cette discussion devrait normalement avoir lieu après une première visite d'inspection et un examen des documents appropriés du bâtiment, et permettre de définir le problème à résoudre, de cerner les principaux éléments de l'évaluation et d'établir un budget préliminaire.

5.4 TRAVAUX SUR PLACE ET DOSSIERS

Le directeur du projet entretient des communications efficaces avec le client et les membres de l'équipe d'évaluation pendant les travaux. À mesure de la disponibilité des renseignements pour chacune des disciplines, le plan de travail est réévalué et, au besoin, modifié. Une solution rapide au problème peut très vite s'en dégager, ou au contraire, des doutes peuvent surgir et appeler une reformulation du problème ainsi qu'une autre façon de l'aborder. Une fois les évaluations de l'étape I terminées, les techniques d'échantillonnage sur place pour les étapes II et III peuvent être arrêtées avec plus de certitude. À ce stade-ci, il est bien souvent possible d'organiser la consignation des données de manière à faciliter la comparaison entre les conditions mesurées et les critères de performance qui y sont rattachés.

5.5 ÉVALUATION ET RECOMMANDATIONS

La première étape consiste à évaluer les résultats et à développer des recommandations basées sur l'avis de chaque spécialiste de l'équipe. Si diverses recommandations sont

présentées, elles doivent chacune être assorties d'une analyse des coûts–avantages. Les recommandations sont ensuite évaluées dans le cadre d'un processus transdisciplinaire bien orchestré, faisant appel au directeur du projet, à tous les membres de l'équipe des caractéristiques de performance et aux directeurs des trois domaines de rendement.

Le produit final est un ensemble de recommandations tenant compte des répercussions sur l'ensemble du rendement. Après discussion avec le client, on résolve ses vues et ses concernes, les recommandations définitives sont établies et un rapport final est préparé.

5.6 COÛTS DES RESSOURCES ET DE L'ÉVALUATION

Les ressources à allouer ainsi que le temps et les coûts à prévoir pour une évaluation sont fonction de la nature du problème et de la mesure dans laquelle le rendement fonctionnel, le rendement énergétique et environnemental ou le rendement des systèmes et du matériel sont concernés. Le problème se pose–t–il à un seul endroit ou est–il généralisé? S'agit–il d'un petit bâtiment à un seul usage, ou d'un grand immeuble à plusieurs types d'usages et d'occupations? Fait–on appel essentiellement à un seul domaine de spécialisation, sans conséquence pour les autres aspects du rendement du bâtiment, ou s'agit–il d'un problème à plusieurs facettes supposant l'interaction d'un certain nombre de composants et de systèmes? Le problème peut–il être résolu par un spécialiste après une analyse des documents et des archives et une inspection des lieux, ou est–il nécessaire de prendre des mesures et de procéder à une analyse complexe?

Les besoins émergeront au cours des discussions avec le client et de l'élaboration du plan de travail. Les renseignements concernant les ressources et les coûts à prévoir pour les divers niveaux de l'évaluation sont donnés dans le documents de classe D.

6. ANNEXES

6.1 SOUS-SYSTÈMES, SYSTÈMES, ET CARACTÉRISTIQUES À ÉPROUVER

Dans la colonne intitulée "Essais", les documents appropriés de classe D listés à la section 6.3 sont donnés. Les chiffres désignés à la colonne "Référence" refèrent aux essais et aux normes décrits à la section 6.2. À la colonne "Domaine", E indique que le rendement énergétique et environnemental est en cause, et F indique que le rendement fonctionnel est impliqué.

6.1.1 Enveloppe extérieure

Murs

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		E
Fissuration	D30, D31, D40		
Évacuation de l'eau	D40		
Transmission du son	D08		F&E
Température de surface	D03		E
Émissivité de surface	D38	36	E
Résistance thermique	D39	36,59,88,96,98	E
Infiltrations d'eau	D40		

Fenêtres

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		E
Résistance au feu		166	F
Durabilité de la quincaillerie			F
Force d'ouverture			F&E
Transmission des rayons	D10	25, 49	E
Transmission du son	D08		E
Température de surface	D03, D38, D39, D40	36	E
Infiltrations d'eau	D40		E

Portes

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		
Résistance au feu		166 169	F
Durabilité de la quincaillerie			F
Force d'ouverture (pression)			F
Transmission du son	D08		F&E
Température de surface	D03, D38, D39, D40		

Toits

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Flèches	D31		
Évacuation de l'eau	D40		
Humidité de l'isolant	D38, D40, D41	36	
Ondulation de la membrane	D41		
Déchirure de la membrane	D40, D41		
Rétrécissement de la membrane	D41		
Température de surface	D38, D39	36	
Émissivité de surface	D38		
Érosion superficielle	D41		
Résistance thermique	D39		
Infiltrations d'eau	D31, D38, D40, D41		F

Joints

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		
Changement de dimensions	D40		
Souplesse du produit d'étanchéité			
Infiltrations d'eau	D36, D38, D40		F

6.1.2 **Enveloppe intérieure**

Cloisons

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		F&E
Fissuration	D31		
Résistance au feu		166	F
Propagation de la flamme		85	F
Résistance au choc			
Résistance à la déformation diagonale			F
Transmission du son	D08		E
Absorption du son	D08		F&E

Planchers

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		
Transmission du bruit par voie aérienne	D08		E
Fissuration	D31		
Flexion due au fluage	D31		
Flexion élastique	D31		
Résistance au feu			F
Transmission des bruits de choc			E
Fréquence de résonance			
Protection-incendie de la structure			

Plafonds

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		
Résistance au feu			F
Propagation de la flamme		85	F
Facteur de réflexion de la lumière	D10		F&E
Absorption du son	D08		F&E

Portes

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		F
Résistance au feu		166, 169	F
Durabilité de la quincaillerie			F
Transmission du son	D08		F&E

6.1.3 **Ameublement**

Cloisons

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Teneur en combustibles			F
Propagation de la flamme		85	F
Émission de gaz			F&E
Absorption du son	D08		F&E
Encrassement superficiel			F

Mobilier

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Teneur en combustibles			F
Durabilité de la quincaillerie			F
Émission de gaz			F&E

Tapis et moquettes

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Teneur en combustibles			F
Propagation de la flamme		85	F
Émission de gaz			F&E
Absorption du son	D08		F&E
Potentiel de charge statique			F
Durabilité			F

Ordinateurs

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Dégagement de chaleur	D04,05,06,07		F&E

Photocopieuses

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Rayonnement électromagnétique			F
Émission de gaz			F&E
Dégagement de chaleur	D04,05,06,07		E
Émission de particules			F&E

6.1.4 **Structure portante**

Colonnes

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Fissuration	D30		
Raccourcissement dû au fluage	D30		
Compression élastique	D30		
Stabilité latérale	D30		
Fréquence de résonance			
Protection-incendie de la structure	D30		F

Poutres

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Fissuration	D31		
Flexion due au fluage	D31		
Flexion élastique	D31		
Protection-incendie de la structure	D30		F

Planchers

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		F&E
Transmission du bruit par voie aérienne	D08		E
Résistance à la corrosion	D32		F
Fissuration	D31		
Flexion due au fluage	D31		
Flexion élastique	D31		F
Résistance au feu			F
Transmission des bruits de choc			F&E
Fréquence de résonance			F
Protection-incendie de la structure			F

Fondations

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Fissuration	D31		
Flèche	D31		
Efflorescence (sulfate)	D40		
Niveau de la nappe phréatique	D40		
Teneur du sol en eau	D40		

Murs de cisaillement

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Fissuration	D30		
Protection-incendie de la structure	D30		F

6.1.5 **Systèmes de chauffage**

Équipement de conversion de l'énergie

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Efficacité de la combustion	D04,05,06,07	38	
Air de combustion et de tirage	D04,05,06,07	38	
Efficacité de la conversion de l'énergie	D04,05,06,07	38, 46	
Corrosion de l'échangeur de chaleur			
Perte de chaleur par la chemise	D38, D39	38	
Niveau de puissance du bruit	D08	114, 170	

Tuyauterie

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Vidange	D33		
Pénétration du feu	D36		
Fuites	D33		
Chute de pression	D33		
Température	D33		
Calorifugeage	D38, D39		
Protection anti-vibrations			
Débit volumétrique	D33	14	

Conduits d'air

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Propagation de la flamme (revêtement)			
Fonctionnement registre	D33		E
Position/débit registre	D33		E
Fuites	D33		
Pénétration du feu	D36		F
Tension/courant moteur	D35		
Pression	D33	13	
Registre coupe-fumée	D36		F
Étanchéité	D33		
Absorption du son	D08		F&E
Bruit produit	D08		F&E
Chute de pression statique	D33	13	

Conduits d'air (suite)

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Résistance thermique	D39		
Vitesse	D33		
Protection anti-vibrations			
Débit volumétrique	D33		E

Échangeurs de chaleur

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Transfert d'enthalpie	D33		
Débits du liquide	D33		
Taux d'échange de chaleur	D33		
Perte de chaleur par la chemise	D33, D38		
Efficacité thermique	D33		

Pompes

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Consommation d'énergie	D04,05,06,07		
Débits	D33	13	
Dégagement de chaleur du moteur	D04,05,06,07		
Consommation électrique	D35		
Pression	D33		
Niveau de puissance du bruit	D08		E
Protection anti-vibrations			F&E

Dispositifs de commande

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Compresseur d'air			
- pression de refoulement	D34		
- tension/courant	D04,05,06,07		
Pression - branchements	D34	13	
Plage de fonctionnement	D34		
Sensibilité	D34		E
Pression d'alimentation	D34	13	
Tension d'alimentation	D34, D35		

6.1.6 Systèmes de ventilation

Ventilateurs

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Consommation d'énergie	D04,05,06,07		
Vitesse du ventilateur	D33		
Débit	D33	12	E
Dégagement de chaleur du moteur	D04,05,06,07		
Profil de vitesse à la sortie	D33		
Consommation électrique	D35		
Différence de pression	D33, D36		
Niveau de puissance du bruit	D08	23, 29, 103, 114	E

Conduits d'air

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Position registre	D33		E
Chute de pression registre	D33, D36	48	
Étanchéité registre	D33, D36		
Fuites	D33, D36		
Pénétration du feu	D36		F
Absorption du son	D08		E
Niveau de bruit produit	D08		E
Chute de pression statique	D33, D36	48	
Résistance thermique	D39		
Vitesse	D33	48	
Débit volumétrique	D33	12, 48, 78	E

6.1.7 Systèmes de conditionnement d'air

Équipement de refroidissement

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Pression statique d'air	D33, D36	13	
Température d'eau réfrigérée	D33	11	
Vitesse de refroidissement	D33		E
Consommation d'énergie	D04,05,06,07		
Débit du liquide	D33	14	
Perte/gain de chaleur par la chemise	D04, D05, D06, D07		
Consommation de puissance	D35		
Pression d'aspiration frig.	D33		
Pression de refoulement frig.	D33		
Niveau de puissance du bruit	D08	114 161, 173	

Échangeurs de chaleur

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Transfert d'enthalpie	D33		
Débits du liquide	D33	14	
Taux d'échange de chaleur	D33		
Perte de chaleur par la chemise	D04, D05, D06, D07		
Efficacité thermique	D04, D05, D06, D07, D33		

Conduits d'air

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Combustibilité			
Manoeuvre - registre			E
Position - registre	D33		
Chute de pression - registre	D33, D36	48	
Étanchéité - registre	D33		
Fuites	D33, D36		
Pénétration du feu			F
Propagation de la flamme			F
Absorption du son	D08		F&E
Niveau de bruit produit	D08		F&E
Chute de pression statique	D33, D36	48	
Résistance thermique	D39		
Vitesse	D33		
Protection anti-vibrations			F&E
Débit volumétrique	D33	13	E

Appareils terminaux

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Débit à la sortie	D03, D09, D33		E
Profil de vitesse à la sortie	D33		
Rapport de contrôle à la boîte de mélange	D33		
Limite du mélange	D33		
Température air à la sortie	D33	11	E
Humidité air à la sortie	D33		E
Diff. pression statique	D33	13	
Température air de soufflage	D33	11	
Portée	D03, D09		
Réglage des aubes	D03, D09, D33		E

Tours de refroidissement

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Débit d'air	D33	12	
État de la bouche de sortie	D33		
État de la prise d'air	D33		
Vitesse/tension/courant ventil.	D35		
Niveau de bruit produit	D08	98, 157	F
Température de l'eau	D33	11	
Débit eau/frigorigène	D33	14	

Système de régulation

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Pression branchement	D33	13	
Limite d'exploitation	D34		
Sensibilité	D34		E
Pression d'alimentation	D33	13	
Tension d'alimentation	D33		

6.1.8 **Systèmes de transport vertical**

Ascenseurs et escaliers mécaniques

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air du puits	D36		F
Niveau de bruit produit	D08		F&E
Vitesse			F

Escaliers et rampes

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Répartition de la pression	D36		
Étanchéité cage d'escalier	D36		F
Débit d'air cage d'escalier	D36		
Stabilité de la main courante			F

6.1.9 **Systèmes électriques**

Alimentation électrique

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Protection des circuits	D35		
Circuits	D35		
Température (infrarouge)	D38		
Puissance des transformateurs	D35		
Tension et intensité	D35		

Distribution électrique

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Protection des circuits	D35		
Capacité des circuits	D35		
Équilibre des charges en phase	D35		
Facteur de puissance	D35		
Température (infrarouge)	D38		
Tension et intensité	D35		

Groupe électrogène

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Séquence des circuits	D35		
Commandes d'alimentation	D35		
Régulateur de la vitesse du moteur	D33		
Système de démarrage	D35		
Système de commutation	D35		

Système d'éclairage

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Consommation d'énergie	D04,05,06,07		
Fonctionnement des lampes	D10,		E
État lentilles/diffuseurs	D10		F&E
Puissance lumineuse	D10		E
Fonctionnement commutateurs et relais	D10, D35		F

6.1.10 **Systèmes de plomberie et d'évacuation des eaux**

Eau domestique

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Consommation d'énergie	D04,05,06,07		
Débit	D33	14	
Température de l'eau chaude	D33	11	
Chute de pression	D33		
Fuites d'eau	D33		

Eaux usées et égouts

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Débit à la sortie des appareils	D33		
Fuites (Essai de pression)	D33		
Gardes d'eau	D33		F
Gel des évents	D40		

Égout pluvial – intérieur

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Infiltrations d'air (pénétrations)	D36		
Obstruction des avaloirs de toiture	D40		
Évacuation des eaux en toiture	D41		F
Dilatation thermique	D41		

6.1.11 **Systèmes d'évacuation des déchets solides**

Vide-poubelles

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Étanchéité à l'air	D36		F
Étanchéité de la fermeture	D33 D36		F
Niveau sonore du compacteur	D08		E
Consommation d'énergie	D04, D05, D06, D07		
Niveau sonore du broyeur	D08		E
Consommation électrique	D35		
Niveau sonore du déchiqueteur	D08		F&E

Manutention des matériaux

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Consommation électrique	D04,05,06,07		
Niveau sonore	D08		F&E

Incinérateurs

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Récupération de chaleur	D04,05,06,07		
Performance du dépoussiéreur	D35		
Température de cheminée	D35	11	

6.1.12 **Systèmes d'extinction d'incendie**

Extincteurs automatiques

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Circuit d'alarme	D35		F
Pression	D33	13	

Colonnes montantes et tuyaux

Systèmes spéciaux

6.1.13 **Systèmes de contrôle de la fumée**

Puits

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Commandes	D32		
Fuites – puits d'ascenseur	D36		F
Fuites – porte coupe-feu/fumée	D36		F
Différences de pression	D36	13	
Étanchéité puits de fumée	D36		
Fermeture registre coupe-fumée	D33		
Fuites par puits d'escalier	D36		F

6.1.14 **Systèmes de communication**

6.1.15 **Ouvrages de chantier**

Voies d'accès (piétons et véhicules)

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Soulèvement dû au gel Effritement	D32		

Égout pluvial extérieur

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Efficacité d'évacuation	D41		
Pente	D40		

Système souterrain d'évacuation

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Nappe phréatique	D40		

Manutention de la neige (enlèvement et déglaçage)

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Consommation d'énergie	D04, D05, D06, D07, D33		
Température de fluide	D33	11	

Aménagement paysager

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Drainage	D40		
Teneur du sol en eau	D40		

Systèmes d'irrigation

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Débit	D33		

Éclairage extérieur

Caractéristiques	Essais	Référence	Domaine
Commandes	D10, D35		
Consommation d'énergie	D04, D05, D06, D07		
Niveau d'éclairement	D10, D35		F

6.2 NORMES ET ESSAIS DE RÉFÉRENCE

La liste ci-après regroupe les essais numérotés et referés à la section 6.1 "Sous-systèmes, systèmes et caractéristiques à éprouver". Elle comporte également les normes visant la performance générale des composants et de l'équipement. Ces normes contiennent des méthodes de mesure s'appliquant au composant ou au matériel concerné, et peuvent servir à l'évaluation sur place. Les normes et essais ont été regroupés ici de manière à former une bibliographie sur la performance du matériel.

American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers (ASHRAE)

1. GPC 1P – Guideline for Commissioning of HVAC Systems
2. 18-1987 – Method of Testing for Rating Drinking-Water Coolers with Self-Contained Mechanical Refrigeration Systems
3. 20-70 – Methods of Testing for Rating Remote Mechanical Draft Air-Cooled Refrigerant Condensers
4. 22-78 – Methods of Testing for Rating Water-cooled Refrigerant Condensers
5. 23-78 – Method of Testing for Rating Positive Displacement Refrigerant Compressors
6. 24-78 – Method of Testing for Rating Liquid Chillers
7. 30-78 – Method of Testing Liquid Chilling Packages
8. 33-78 – Methods of Testing Forced Circulation Air Cooling & Air Heating Coils
9. 37-1987 – Methods of Testing for Rating Unitary Air-conditioning and Heat Pump Equipment
10. 40-1986 – Methods of Testing for Rating Heat Operated Unitary Air-conditioning Equipment for Cooling
11. 41.1-1986 – Standard Method for Temperature Measurement
12. 41.2-1987 – Standard Methods for Laboratory Air Flow Measurement
13. 41.3P – Standard Method for Pressure Measurement
14. 41.8-78 – Standard Methods for Meassurement of Flow of Fluid-Liquid
15. 41.9P-1988 – Standard Method for Calorific Flow Measurement of Volatile Refrigerant
16. 45-1986 – Methods of Testing for Rating Non-Residential Warm Air Heaters
17. 51-1985 – Laboratory Methods of Testing Fans for Rating
18. 52-76 – Methods of Testing Air-cleaning Devices Used in General Ventilation for Removal of Particulate Matter
19. 55-1981 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy
20. 58-1986 – Method of Testing for Rating Room Air Conditioner and Packaged Terminal Air-Conditioner Heating Capacity
21. 62-1981 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality
22. 64-74 – Methods of Testing Remote Mechanical-draft Evaporative Refrigerant Condensers
23. 68-1986 – Method of Testing In-duct Sound Power Measurement Procedure for Fans
24. 70-72 – Method of Testing for Rating the Air Flow Performance of Outlets and Inlets
25. 74-73R – Method of Measuring Solar Optical Properties of Materials

26. 79–1984 – Method of Testing for Rating Room Fan–coil Air Conditioners
27. 83–1985 – Capacity Measurement of Field Errected Compression Type Refrigeration and Air–conditioning Systems
28. 84–78 – Method of Testing Air–to–air Heat Exchangers
29. 87.1–1983 – Method of Testing Dynamic Characteristics of Propellor Fans – Aerodynamically Excited Fan Vibrations and Critical Speeds
30. 93–1986 – Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Collectors
31. 94.1–1985 – Method of Testing Active Latent Heat Storage Devices Based on Thermal Performance
32. 94.2–1981 – Methods of Testing Thermal Storage Devices with Electrical Input and Thermal Output Based on Thermal Performance
33. 94.3–1986 – Methods of Testing Active Sensible Thermal Energy Storage Devices Based on Thermal Performance
34. 95–1987 – Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Solar Domestic Water Heating Systems
35. 96–1980 – Methods of Testing to Determine the Thermal Performance of Unglazed Flat–plate Liquid–type Solar Collectors
36. 101–1981 – Application of Infrared Sensing Devices to the Assessment of Building Heat Loss Characteristics
37. 102–1983 – Methods of Testing Nonelectric, Nonpneumatic Thermostatic Radiator Valves
38. 103–1982R – Methods of Testing for Heating Seasonal Efficiency of Central Furnaces and Boilers
39. 105–1984 – Standard Methods of Measuring and Expressing Building Energy Performance
40. 109–1986 – Method of Testing to Determine the Thermal Performance of Flat–Plate Solar Collectors Containing a Boiling Liquid
41. 110–1985 – Method of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods
42. 111P – Methods of Measurement for Testing, Adjusting, and Balancing of Building Heating, Ventilation, Air–conditioning and Refrigeration Systems
43. 113P – Method of Testing for Room Air Distribution
44. 114P – Energy management Controls Systems Instrumentation
45. 115P – Method of Testing for Rating Air Source Heat Pump Water Heaters
46. 116–1983 – Methods of Testing for Seasonal Efficiency of Unitary Air Conditioners and Heat Pumps
47. 118P – Method of Testing for Rating Gas, Electric and Oil Storage Type Water Heaters
48. 120P – Method of Laboratory Testing of Air Ducts and Fittings to Determine Flow Resistance
49. 123P – Fenestration Solar Radiant Heat Gain Measurements
50. 124P – Method of Testing for Rating Combination Space Heating/Water Heating Appliances
51. 125P – Method of Testing Heat Meters Used in Fluid HVAC Systems
52. 126P – HVAC Air Duct Performance
53. 127P – Method of Test for Rating Computer Room Air Conditioners
54. 128P – Method of Test for Rating Spot Coolers

55. 129P – Standard Method of Test of Ventilation Effectiveness
56. 130P – Method of Test for Fan Powered Units
57. 131P – Method of Test of Four–way Heat Pump Reversing Valves
58. 132P – Method of Testing Controllers Used in Solar Energy Systems

Association Canadienne de Normalization (AC NOR)

59. A101 M–1977 Isolation thermique des bâtiments, fibre minérale
60. B51–M1981 Code de construction et d'inspection des chaudières et appareils sous pression
61. B139–1976 Code d'installation pour équipement de combustion d'huile
62. B140.0–1972 Prescriptions générales relatives à l'équipement de combustion d'huile
63. B140.7.2–1967 Oil–fired Steam and Hot Water Boilers for Commercial and Industrial Use
64. B255–M81 Ventilateurs de tirage
65. C22.2 No. 24–1981 Temperature–indicating and Regulating Equipment
66. C22.2 No. 91–1971 Drinking Water Coolers and Beverage Dispensers
67. C22.2 No. 92–1971 Dehumidifiers
68. C22.2 No. 113–1982 Ventilateurs
69. C22.2 No. 119–1971 Commercial and Residential Air Conditioning Equipment
70. C191–1973 Performance Requirements for Electric Storage Tank Water Heaters
71. C260.1–1975 Installation Code for Residential Mechanical Exhaust Systems
72. C260.2–1976 Residential Air Exhaust Equipment
73. C273.3 M1980 Rendement des climatiseurs centralisés à pompe à chaleur
74. C273.5–1980 Installation Requirements for Air–to–air Heat Pumps
75. C368.1–1980 Performance Standard for Room Air Conditioners
76. C390.1–M1982 Méthodes de mesure du rendement énergétique des moteurs à induction triphasés
77. Z103–1976 Incinerator Performance

Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association (SMACNA)

78. HVAC Systems – Testing, Adjusting, and Balancing (1983)
79. Installation Standards for Heating, Air Conditioning and Solar Systems (1981)
80. Energy Recovery Equipment and Systems, Air–to–air (1978)

American Society for Testing and Materials (ASTM)

81. ASTM C177–76 Test for Steady–state Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate
82. ASTM C236–80 Steady State Thermal Performance of Building Assemblies
83. ASTM C335–79 Test for Steady–state Heat Transfer Properties of Horizontal Pipe Insulations
84. ASTM C518–76 Test for Steady–state Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter
85. ASTM E 84/NFPA 255 Method of Test for Surface Burning Characteristics of Building Materials

Air-conditioning and Refrigeration Institute (ARI)

86. ANSI/ARI 310-82 Packaged Terminal Air Conditioners
87. ANSI/ARI 340-82 Commercial and Industrial Heat Pump Equipment
88. ANSI/ARI 380-82 Packaged Terminal Heat Pumps
89. ANSI/ARI 450-79 Water-cooled Refrigerant Condensers, Remote Type
90. ANSI/ARI 460-80 Remote Mechanical Draft Air-cooled Refrigerant Condensers
91. ANSI/ARI 590-81 Reciprocating Water Chilling Packages
92. ANSI/ARI 810-79 Automatic Commercial Ice Makers
93. ANSI/ARI 815-79 Split System Automatic Commercial Ice Makers
94. ANSI/ARI 820-79 Ice Storage Bins
95. ARI/ADC 880-84 Air Volume Terminals
96. ARI 210-81 Unitary Air-conditioning Equipment
97. ARI 240-81 Air-source Unitary Heat Pump Equipment
98. ARI 270-84 Sound Rating of Outdoor Unitary Equipment
99. ARI 275-84 Application of Sound Rated Outdoor Unitary Equipment
100. ARI 275-84 Application of Sound-rated Outdoor Unitary Equipment
101. ARI 320-81 Water Source Heat Pumps
102. ARI 325-83 Ground Water-source Heat Pumps
103. ARI 350-82 Sound Rating of Non-ducted Indoor Air-conditioning Equipment
104. ARI 360-81 Commercial and Industrial Unitary Air-conditioning Equipment
105. ARI 365-82 Commercial and Industrial Unitary Air-conditioning Condensing Units
106. ARI 420-84 Unit Coolers for Refrigeration
107. ARI 430-78 Central Station Air-handling Units
108. ARI 435-81 Application of Central Station Air-handling Units
109. ARI 440-84 Room Fan-coil Air Conditioners
110. ARI 510-83 Ammonia Compressors and Compressor Units
111. ARI 520-78 Positive Displacement Refrigerant Compressors and Condensing Units
112. ARI 550-83 Centrifugal Water Chilling Packages
113. ARI 560-82 Absorption Water Chilling Packages
114. ARI 575-79 Method of Measuring Machinery Sound Within Equipment Rooms
115. ARI 650-83 Air Outlets and Inlets
116. ARI 680-80 Air Filter Equipment
117. ARI 750-81 Thermostatic Refrigeration Expansion Valves
118. ARI 780-78 Definite Purpose Magnetic Contractors
119. ARI 850-78 Commercial and Industrial Air Filter Equipment
120. ARI 910-83 Solar Collectors
121. ARI 920-84 Domestic Hot Water Systems
122. ARI 930-82 Applications of Solar Collectors
123. ARI 1010-84 Drinking Foundains and Self-contained, mechaniclaly Refrigerated Drinking Water Coolers
124. ARI 1020-84 Application and Installation of Drinking Water Coolers
125. ARI 1060-84 Air-to-air Heat Recovery Equipment

Air Diffusion Council (ADC)

126. ADC TC 66R1 Air Diffusing Troffer Heat Removal Test Code
127. ADC FD-72 R1-1979 Flexible Air Duct Test Code
128. ADC 1062 : GRD-84 Test Code for Grilles, Registers, and Diffusers
129. ADC 1062R4-1977 Air Diffusion Equipment Certification, Rating, and Test Manual

British Standards Institute (BSI)

130. BS 2831 Method of Test for Air Filters Used in Air Conditioning and General Ventilation
131. BS 3928 Method of Sodium Flame Test for Air Filters

Hydronics Institute (HI)

132. IBR/SBI Testing and Rating Heating Boilers (1982)
133. IBR/SBI Ratings for Cast Iron and Steel Boilers (1983)

American Gas Association (AGA)

134. ANSI Z21.10.3-1984 Gas Water Heaters, Vol. III, Circulating Tank, Instantaneous and Large Automatic Storage Water Heaters
135. ANSI Z21.12-1981 Draft Hoods
136. ANSI Z21.13-1982 Gas-fired Low-pressure Steam and Hot Water Boilers (with 1983 Addenda)
137. ANSI Z21.18-1981 Gas Appliance Pressure Regulators
138. ANSI Z21.20-1979 Automatic Gas Ignition Systems and Components
139. ANSI Z21.23-1980 Gas Appliance Thermostats
140. ANSI Z21.66-1967 Electrically Operated Automatic Vent Damper Devices for Use with Gas-fired Appliances
141. ANSI Z21.67-1978 Mechanically Actuated Automatic Vent Damper Devices for Use with Gas-fired Appliances
142. ANSI Z21.68-1978 Thermally Actuated Automatic Vent Damper Devices for Use with Gas-fired Appliances
143. ANSI Z83.3-1971 Gas Utilization Equipment in Large Boilers
144. ANSI Z83.4-1980 Direct Gas-fired Make-up Air Heaters (1979)
145. ANSI Z83.16-1982 Gas-fired Unvented Commercial and Industrial Heaters
146. ANSI Z2121.22-1979 Relief Valves and Automatic Gas Shutoff Devices for Hot-water Supply Systems

American Society of Mechanical Engineers (ASME)

147. ANSI/ASME A17.1-1984 Safety Code for Elevators and Escalators
148. ASME PTC23-58 Atmospheric Water Cooling Equipment Test Code

National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

149. NEMA DC 3-1978 Low-voltage Room Thermostats
150. NEMA DC 6-1971 R1976 Controls for Gas Water Heaters

151. NEMA DC 9–1970 R1980 Oil Burner Primary Controls
152. NEMA DC 10–1977 Temperature Limit Controls for Electric Baseboard Heaters
153. NEMA DC 12–1979 R1980 Hot Water Immersion Controls
154. NEMA DC 13–1979 Line–voltage Integrally Mounted Thermostats for Electric Heaters
155. NEMA DC 15–1979 Line–voltage Room Thermostats
156. NEMA DC 22–1977 Load Control for Use on Central Electric Heating Systems

Cooling Tower Institute (CTI)

157. ATC–128 (1981) Code for Measurement of Sound from Water Cooling Towers
158. CTI ATC–105 Acceptance Test Code for Water Cooling Towers: Mechanical Draft, Natural Draft Fan Assisted Types, and Evaluation of Results
159. STD–131 (1983) Fiberglass–reinforced Plastic Panels for Application on Industrial Water Cooling Towers

Air Movement and Control Association (AMCA)

160. AMCA 99–2405–83 Inlet Box Positions for Centrifugal Fans
161. AMCA 300–67 Test Code for Sound Rating Air–moving Devices
162. ANSI–IEC Pub. 385 AC Electric Fans and Ventilators

Underwriters Laboritories (UL)

163. ANSI/UL 33–1982 Heat Responsive Links for Fire Protection Service (1982)
164. ANSI/UL 705–1977 Power Ventilators (1977)
165. UL 555 Fire Dampers and Ceiling Dampers

National Fire Protection Association (NFPA)

166. NFPA 80 Fire Doors and Windows
167. NFPA 96 Vapor Removal from Cooking Equipment
168. NFPA 101–81 Life Safety
169. NFPA 252 Standard Method of Fire Tests of Door Assemblies

American Boiler Manufacturers Association (ABMA)

170. ABMA–1973 Measurement of Sound from Boiler Units, Bottom Supported Shop or Field Errected

National Environmental Balancing Bureau (NEBB)

171. NEBB–1977 Procedural Methods for Measuring Sound and Vibration
172. NEBB–1983 Procedural Standards for Testing, Adjusting, Balancing of Environmental Systems
173. NEBB–1977 Sound and Vibration in Environmental Systems

6.3 LISTE DE DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES

Dans cette série, les documents sont subdivisés en quatre classes différentes. Les documents de classe A donnent des explications à savoir comment utiliser les documents des trois autres classes. La classe B est un répertoire d'essais lequel inclut un index et des références. Les documents de classe C donnent un compte rendu des trois domaines d'évaluation et résument les documents de classe D dans leur domaine respectif. Les documents de classe D contiennent une description des attributs du rendement des immeubles et donnent les méthodes pour les évaluer.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevés	C1	Rendement énergétique et environnemental
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement énergétique et environnemental	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale : rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation : rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes : rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations : rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations
Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux : relevé de la condition
	D31	Dalles et toits structuraux : relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement : relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systèmes de couvertures